Știința prietena noastră

ES.85

Știința — prietena noastră

Ştiinţa – prietena noastră

Materiale în ajutorul educării ştiinţifice a tineretului

Editura politică — Bucureşti 1967

Ilustrațiile de BURSCHI

REDACȚIA LITERATURĂ PENTRU TINERET

PREFAȚĂ

Acest al patrulea volum „Știința — prietena noastră", care include numeroase materiale științifice adresate tineretului, continuă și completează cu noi contribuții experiența dobîndită de autori și editură în volumele anterioare.

Destinat a populariza cele mai actuale descoperiri științifice în diferite domenii de cercetare și a trezi interesul tinerei generații pentru știință, volumul îndeplinește un rol educativ de prim ordin. Pentru a-l înțelege deplin să ne fie permis a încerca încadrarea acestui gen de lucrări în mediul creat de actuala fază de dezvoltare a țării noastre pe calea de desăvîrșire a socialismului.

Congresul al IX-lea al P.C.R. a introdus pentru prima oară în rîndul sarcinilor fundamentale ce stau în fața întregului popor, pe cea referitoare la „ridicarea bazei tehnico-materiale a științei și orientarea cercetării științifice spre obiectivele cele mai importante ale economiei noastre naționale". Prin aceasta se confirmă importanța covîrșitoare pe care știința modernă a dobîndit-o prin descoperirile ei și aplicațiile acestora în tehnică, în industrie, pentru ridicarea bunăstării populației, pentru asigurarea unui trai mai bun.

Să reamintim cîteva date caracteristice pentru evoluția recentă a științei și influența ei asupra relațiilor de producție, asupra societății însăși.

Știința îmbogățește cunoștințele noastre despre natură și despre societate într-un ritm rapid, caracterizat prin dublarea în 10—15 ani, atît a numărului de lucrări, reviste, cărți, discipline, domenii, cît și a numărului cadrelor preocupate cu activități științifice. Într-o jumătate de secol, deci în cursul activității unui cercetător, știința își înzecește cunoștințele, resursele, cadrele. De aci rezultă constatarea stranie că sîntem contemporani cu nouă zecimi din toți oamenii de știință care au existat vreodată. În același timp trebuie să ne dăm seama că pentru a ne menține la curent cu progresul științei în orice specialitate, trebuie să învățăm la fiecare zece ani cel puțin tot atît cît am învățat anterior. Deci la 10 ani după examenul de stat să putem da cel puțin încă unul, pe baza cunoștințelor noi acumulate. Fără a citi, fără a se instrui continuu, nici un om de știință, nici un titrat nu se va putea menține la curent în specialitatea sa și va fi foarte curînd descoperit ca depășit și desuet.

Metodele de documentare științifică și tehnică s-au dezvoltat tocmai datorită fluxului de informații ajuns la proporții uriașe, chiar pentru specialități înguste, cu scopul de a sprijini pe cercetător în munca sa de informare asupra lucrărilor apărute sau încheiate în patria sa sau în alte țări. Omul de știință contemporan nu mai poate citi tot ce apare în specialitatea sa ci trebuie să fie selectiv în studii, în lectură și chiar în umplerea timpului său liber. El nu mai are timp să citească lucrări și literatură de mîna a doua. El trebuie să-și dozeze strict preocupările dacă nu vrea să fie depășit.

Tineretul, speranța viitorului nostru, trebuie îndrumat de asemenea spre preocupări din care să tragă foloase maxime pentru dezvoltarea sa ulterioară. Prin forța lucrurilor o cotă tot mai mare din tinerele cadre va trebui să aleagă profesii științifice sau tehnice. Este semnificativ de altfel că tineretul preferă secțiile și facultățile științifice și tehnice cele mai moderne, cum sînt fizica atomică, fizica semiconductorilor, electronica, automatica, construcția de mașini, energetica etc. Efortul depus de tineri pentru pregătirea examenului de admitere la facultăți crește odată cu erudiția de care dau dovadă. „Cine știe, cîștigă" a devenit o lozincă nu numai pentru emisiunile radiodifuzate, dar și pentru orientarea generală a tinerelor cadre.

În acest context îndrumarea tineretului spre cunoașterea în linii mari a descoperirilor științifice și a invențiilor tehnice este binevenită și trebuie încurajată prin orice mijloc. De ce să nu înceapă încă din vîrsta fragedă să cunoască în linii mari străduințele și victoriile științei ? Căile de dezvoltare sînt pline de peripeții, de întîmplări interesante care au contribuit pe lîngă tenacitatea savanților și a inginerilor la obținerea unor rezultate majore. Nu este nevoie să născocim povești despre știință. Ea a creat totdeauna situații din cele mai ciudate și mai neașteptate acelora care s-au încumetat a-i smulge secretele.

Să-mi fie permis numai un singur exemplu. În 1922 a apărut cartea celebră a lui I. B. Fourier despre teoria analitică a căldurii, în care s-au pus bazele „analizei armonice", adică a reprezentării unor funcții arbitrare cu ajutorul unor serii de funcții trigonometrice. Scopul autorului a fost rezolvarea unor probleme de conducere a căldurii în solide.

După 33 ani, în 1955, W. Thomson a aplicat analiza armonică la calculul primului cablu transatlantic peste Oceanul Atlantic, observînd că propagarea curentului electric prin cablu se produce după ecuația diferențială a difuziunii, identică pentru fenomene atît de diferite cum sînt conducția căldurii în solide, difuziunea prin diafragme etc. După 11 ani, în 1966, s-a reușit să se pună în funcție primul cablu telegrafic între Irlanda și America de Nord, exploatarea făcîndu-se exact după prevederile calculului efectuat de W. Thomson (care a fost numit Lord Kelvin). Dar puțini știu că secretul succesului în acest calcul de predeterminare a fost descoperirea epocală a seriilor lui Fourier.

Astfel de coincidențe și întîmplări abundă în istoria științei și cunoașterea lor poate să atragă interesul tineretului mai degrabă decît prezentarea sistematică, ex catedra, a disciplinelor respective.

În general, materialele prezentate în acest volum sub iscălitura unor cunoscuți specialiști cu experiență în popularizarea domeniului științific de specialitate pare, la prima vedere, să nu aibă o coeziune perfectă, deoarece sînt înmănuncheate diferite discipline științifice. Dar după o lectură atentă, se constată că ordinea în care sînt prezentate are o logică, și anume cea dată de sistemul de clasificare zecimală.

Amintesc printre altele cîteva din materialele cuprinse în volum: Teoria informației, Bionica, Lingvistica matematică, Arhitectură și știință, Tradițiile și realizările actuale ale școlii românești de chimie etc.

Volumul mai cuprinde mici materiale cu caracter științific care detaliază sau subliniază unele din problemele importante cuprinse în materialele de bază. De asemenea este demn de remarcat faptul că în volum sînt incluse scurte note biografice privind viața și opera unor cunoscuți oameni de știință români și străini.

Din întregul conținut al cărții reiese clar tendința modernă de interpătrundere a diferitelor discipline științifice. De asemenea crearea de noi discipline de frontieră, cum sînt de exemplu bionica, lingvistica matematică etc.

Caracteristica acestor noi discipline este cooptarea și înglobarea unor capitole cunoscute din alte științe, conexarea lor organică într-o unitate nouă. Specialistul în aceste noi discipline tre-

buie să aibă cunoștințe temeinice în toate aceste capitole, aparent disparate, care compun noua știință. Caracteristic este de asemenea că în aceste noi domenii activitatea de cercetare și de publicații este deosebit de intensă și cunoașterea progresului în aceste domenii este esențială pentru a putea avea o viziune generală asupra evoluției științei în era noastră. Reamintim că unele dintre domeniile de cercetare științifică cum sînt astronautica, energia atomică și semiconductorii au cîștigat în ultimul timp o pondere atît de mare în economia țărilor, încît ele au devenit preocupări principale ale guvernelor și a marilor mase populare. Prezentarea celor mai semnificative momente din istoria științei și tehnicii nu poate decît să fie în folosul tinerei generații. Ea va putea să se convingă de veracitatea dictonului latin „par aspera ad astra" și de răspunsul dat de T. A. Edison la întrebarea, ce înseamnă o invenție ? — „99% transpirație și 1% inspirație". Nu credem că cei ce simt un interes pentru știință și tehnică se vor abate de la acest interes numai pentru că se întîmpină dificultăți. Toate profesiunile le întîmpină și le învinge. Calea progresului nu poate fi stăvilită și nici măcar încetinită. Trebuie să ne încadrăm neapărat. Să înotăm chiar mai repede decît curentul general al cunoștințelor. Să devansăm pe egalii noștri și să ajungem din urmă, printr-o întrecere eroică, pe cei care ne-au stat de mult în față.

Să dovedim cu toții, tineri și vîrstnici, că înțelegem să răspundem cu cinste apelului adresat de către tovarășul Nicolae Ceaușescu la Conferința Uniunii Asociațiilor Studenților din Republica Socialistă România la 20 februarie 1967 :

„Socialismul și comunismul se construiesc pe baza și cu ajutorul științei, a întregului tezaur de valori științifice și culturale create de omenire, a tot ceea ce a dat mai de preț gîndirea umană în domeniul cunoașterii. Fără însușirea și aplicarea în practică a tot ceea ce este nou în știința și tehnica contemporană nu este posibilă construirea societății socialiste și comuniste"

Acad. Aurel Avramescu

CUPRINS

PREFAȚĂ, de Aurel Avramescu 5

UN NOU DOMENIU AL ȘTIINȚEI : TEORIA INFORMAȚIEI, de Rosenblatt-Roth Millu 11

Dan Barbilian (Ion Barbu) — *scurtă biografie* 28

O PARTICULĂ ENIGMATICĂ — NEUTRINO, de Ion Negrescu 30

Wolfgang Pauli — *scurtă biografie* 48

Alexandru Proca — *scurtă biografie* 49

TRADIȚIILE ȘI REALIZĂRILE ACTUALE ALE ȘCOLII ROMÂNEȘTI DE CHIMIE, de Victor E. Sahini . . 51

Chimia temperaturilor și presiunilor înalte 63

Gheorghe G. Longinescu — *scurtă biografie* 65

Gheorghe Spacu — *scurtă biografie* 66

SPRE ZERO ABSOLUT, de Petre Dudcovschi 69

Temperaturi absolute negative 94

Heike Kamerlingh-Onnes — *scurtă biografie* 95

Constantin Miculescu — *scurtă biografie* 96

PETROCHIMIA, de Constantin Rabega 98

Melamina 112

Anastasie Obregia — *scurtă biografie* 114

Radu Cernătescu — *scurtă biografie* 115

BIONICA, de Edmond Nicolau 117

George Boole — *scurtă biografie* 132

Norbert Wiener — *scurtă biografie* 134

GENETICA MOLECULARĂ, de Petre Raicu și Suzana Bratosin 136

Noutăți în genetica umană 153

Thomas Hunt Morgan — *scurtă biografie* 154

CINE CONTROLEAZĂ REACȚIILE BIOCHIMICE DIN CELULE, de Leonid Petrescu 156
Căile biochimiei 174
Antoine Laurent Lavoisier — *scurtă biografie* 178
Claude Bernard — *scurtă biografie* 179
EXISTĂ VIAȚĂ PE ALTE PLANETE ?, de Victor Nadolschi. 181
Enigma vieții pe Marte 200
Tihov Gavriil Adrianovici — *scurtă biografie* 202
Constantin Pîrvulescu — *scurtă biografie* 203
HRANA PENTRU MILIARDE, de Teofil Crăciun . . . 204
Giberelina 220
John Lawes — *scurtă biografie* 221
Constantin Sandu-Aldea — *scurtă biografie* 222
HIDROPONICA — O METODĂ DE MARE VIITOR, de Aurelian Băltăreţu 224
Dmitri Nikolaevici Preanișnikov — *scurtă biografie* . . . 236
Emanoil C. Teodorescu — *scurtă biografie* 237
LINGVISTICA MATEMATICĂ, de Solomon Marcus . . 239
Limba-intermediar 255
Gottfried Wilhelm Leibniz — *scurtă biografie* 256
Simion Stoilov — *scurtă biografie* 259
ARHITECTURA ȘI ȘTIINȚA, de Mihail Caffé 261
Specificul național în arhitectura modernă românească . . 274
Le Corbusier — *scurtă biografie* 276
Ion Mincu — *scurtă biografie* 277
ARHEOLOGIA SUBACVATICĂ, de Mihai Lefterescu . . 280
Scafandrul autonom 296
Auguste Piccard — *scurtă biografie* 298
Ion Borcea — *scurtă biografie* 300
BUREBISTA, UNIFICATORUL NEAMULUI GETO-DAC, de Radu Vulpe 303
Arheologia se modernizează 326
Nicolae Iorga — *scurtă biografie* 329
Vasile Pârvan — *scurtă biografie* 331

Un nou domeniu al ştiinţei: teoria informaţiei

Conf. univ. dr.
ROSENBLATT-ROTH MILLU

Sensul şi importanţa teoriei informaţiei

Teoria informaţiei, deşi nu a împlinit încă nici două decenii, a reuşit să se impună ca o disciplină complet formată, cu problematica ei complexă, cu aplicaţii în cele mai diferite domenii ale activităţii umane, de la telecomunicaţii la neurofiziologie, de la lingvistică la psihologie, de la pedagogie la optică, de la maşinile electronice de calcul la studiul gîndirii umane. Şi e normal să fie aşa, deoarece teoria informaţiei operează cu o noţiune esenţială pentru toate aceste domenii — informaţia. Evident, teoria informaţiei consideră doar aspectul cantitativ al informaţiei, făcînd abstracţie de aspectul calitativ, exact precum geometria studiază corpurile geometrice făcînd abstracţie de natura materialului din care sînt ele confecţionate. Tocmai această abstracţie dă posibilitate teoriei informaţiei să fie aplicabilă în domenii atît de diferite.

Această ştiinţă se ocupă cu problemele legate de măsurarea, păstrarea şi transmiterea informaţiei. În acest fel avem explicitate şi liniile generale de dezvoltare ale teoriei informaţiei. În toate aceste direcţii geniul creator al mate-

maticianului și inginerului american C. E. Shannon a pus piatra fundamentală, căci de la celebrele sale rezultate publicate în 1948 își are obîrșia teoria informației. De atunci teoria informației a cunoscut remarcabile succese, și nu numai în domeniul pentru uzul căruia fusese creată — telecomunicațiile. Chiar de la început teoria informației a dat posibilitatea ca pe baza ei să se dezvolte acel domeniu al științei contemporane care se ocupă cu procesele complexe de comandă, de reglare și de control automat în mașini și în organismele vii, domeniu pe care-l numim *cibernetică*. Deoarece nu e posibil a pomeni măcar problemele în care teoria informației e chemată a-și da aportul — atît de numeroase sînt —, să ne mulțumim cu o enumerare a cîtorva dintre ele, luate la întîmplare din biologie :

1. problema codului genetic,
2. „ zgomotului în informația genetică,
3. „ sintezei albuminelor,
4. „ experimentelor cu atomi însemnați,
5. „ membranelor,
6. „ transmiterii informației cu ajutorul cofactorilor biochimici,
7. „ conținutului informațional al celulei,
8. „ biotipiei la nivelul organelor celulare,
9. „ cantității de informație în cazul corpurilor de natură biologică,
10. „ îmbătrînirii.

Evident, această listă poate fi lungită, precum putem prezenta liste asemănătoare din alte domenii, care toate atestă valoarea noii teorii din punct de vedere aplicativ, utilitatea practică a ei.

De la Ulugbek la cibernetică

Științele au și ele vîrste, ca și oamenii : unele sînt tinere, altele antice, unele abia s-au născut, altele sînt mature, iar altele apar sub ochii noștri. Medicina, astronomia sînt domenii ale științei care au mii de ani de dezvoltare, chimia are doar sute de ani, teoria nucleului atomic s-a constituit de curînd, iar radiobiologia s-a născut în ultimii ani. Se știe că descoperirea unui fapt nou, a unei legi știin-

BUCUREȘTI * LICEUL „LAZĂR" * BIBLIOTECA

ţifice noi are uneori urmări incalculabile. Să ne gîndim ce a adus omenirii descoperirea electricităţii, a radioactivităţii, a legii căderii corpurilor, a legii conservării materiei, a circulaţiei sîngelui în organismul animal. Dacă determinarea unui fapt nou, a unei legi noi ştiinţifice poate avea astfel de urmări, cu atît mai mult naşterea unei întregi ştiinţe reprezintă un progres în istoria omenirii, un pas înainte pe drumul cunoaşterii, o treaptă în efortul generaţiilor de a se ridica de la întuneric spre lumină.

Fără să încercăm a analiza complet problema pusă, remarcăm că pentru naşterea unei noi ştiinţe trebuie mai întîi să existe un număr suficient de mare de fapte izolate pe care noua ştiinţă urmează să le strîngă la un loc şi să le explice în mod unitar, dînd astfel posibilitatea de a se prevedea evoluţia viitoare a fenomenelor respective. Dar numai atît nu e de ajuns. Mai trebuie ca nevoile activităţii practice, ale vieţii de toate zilele să ceară imperativ formarea noii ştiinţe. Pe de altă parte, unele ştiinţe se bazează pe altele şi nu pot apărea decît în cazul în care acestea din urmă sînt destul de dezvoltate, iar tehnica respectivă dispune de tot aparatajul necesar. Să dăm un singur exemplu. În prima jumătate a secolului al XV-lea, în vecinătatea Samarkandului, marele fiu al poporului uzbec Ulugbek a construit şi a condus un observator astronomic şi un centru de calcul unde s-au făcut calcule de o precizie uimitoare. Acolo a fost calculat numărul π cu şasesprezece zecimale exacte, precum şi valorile funcţiilor trigonometrice sinus, cosinus şi altele din minut în minut, cu nouă zecimale exacte. Şi totuşi în şcoala de calcul a lui Ulugbek nu s-a putut naşte cibernetica ; ea s-a născut doar la mijlocul secolului nostru, în atmosfera ştiinţifică a centrelor de calcul cu maşini electronice, în condiţiile în care radiotehnica, radioelectronica, fizica statistică, teoria probabilităţilor, neurofiziologia erau destul de dezvoltate.

Transmisii... transmisii

Din cele mai vechi timpuri oamenii şi-au transmis unul altuia informaţii folosind în acest scop mijloacele tehnice pe care le aveau la dispoziţie. Gesturile, vorbirea au fost

mijloacele folosite. Legenda spune că la căderea Troiei, după un război greu pentru ambele părți beligerante, grecii au transmis vestea victoriei într-un mod foarte rapid pentru vremea aceea. Au fost pregătite din timp o mulțime de ruguri pe diverse înălțimi, la astfel de distanțe unul de altul încît să se poată vedea de la unul la celălalt. Primul rug se afla pe ruinele Troiei, ultimul în patria învingătorilor. De îndată ce a căzut Troia, s-a aprins primul rug. Cel care păzea al doilea rug, văzînd focul aprins, a aprins și el rugul și așa vestea a ajuns în Grecia.

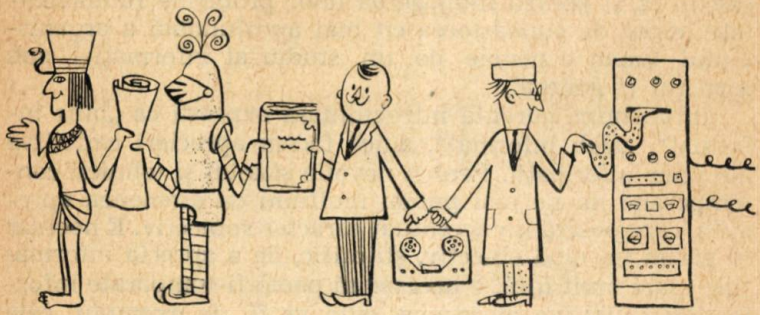
În ultima vreme, informațiile au fost transmise prin mijloace tehnice mult mai avansate : telegraf, telefon, radio, televiziune. Dar dacă oamenii au căutat să transmită unul altuia diverse informații, nu trebuie uitat că ei au găsit și diverse moduri de a păstra informațiile — prin scrijelituri în peșteri, prin picturi, prin scris, prin înregistrări pe bandă de magnetofon sau pe placa fotografică.

Dacă înainte vreme se punea doar problema transmiterii informației de la om la om, în zilele noastre au apărut și alte necesități, ca, de pildă, transmiterea unei informații de la un aparat la altul fără intervenția omului. În multe cazuri, intervenția directă a omului a devenit pur și simplu inutilă. Într-adevăr, pe de o parte, în momentul de față există mașini care îndeplinesc sute de mii și chiar un milion de operații pe secundă, iar savanții și tehnicienii lucrează la construcția unor aparate care să fie în stare să execute zeci de milioane de operații pe secundă. Pe de altă parte, posibilitățile fiziologice ale organismului uman de a reacționa repede și precis la diverși stimuli sînt extrem de reduse. Astfel s-a ajuns la situația ca în unele cazuri, din ce în ce mai numeroase, mașinile să fie dirijate... tot de mașini.

Transmisii și... zgomote

Dacă transmitem o informație prin telefon sau prin radio, cel căruia îi e destinată o recepționează oare în mod perfect, fără nici un fel de diferență față de informația transmisă ? Desigur că nu. Se știe doar că e preferabil să asculți muzica în sala de concert decît la radio, oricît de

bun ar fi aparatul. Evident, nici la radio nimeni nu va putea confunda o arie cu alta, dar multe acorduri magistral executate își vor pierde frumusețea, multe părți perfect realizate vor apărea ca slabe.



Orice transmisie de informații de la un individ la altul, de la un aparat la altul e întovărășită de un factor parazitar, care degradează valoarea informației transmise, astfel încît datele emise de un aparat nu coincid decît în linii mari cu ceea ce se recepționează. Aceste deformări ale informației transmise nu se pot prevedea exact dinainte, cel mult ele pot fi indicate cu o anumită probabilitate. Astfel de deformări, degradări — „zgomote" — apar nu numai în transmisii ale unor informații de ordin auditiv, ci în general la orice fel de transmisii de semnale optice, electrice, magnetice etc.

Evident, îndepărtarea completă a acestor „zgomote" nu e posibilă, ele fiind în firea lucrurilor, și trebuie să ne împăcăm cu ideea aceasta, căci unele „zgomote" provin din însuși faptul că conductorii prin care are loc transmisia sînt de natură materială.

Transmisii de informații au loc nu numai în mașini, ci și în fibrele nervoase ale animalelor, căci prin ele influxul nervos poartă informații de la organele de simțuri spre centrii nervoși sau invers, precum și de la un centru nervos la celălalt. Nici aici nu putem înlătura cu totul „zgomotele", căci ele sînt cauzate într-o anumită măsură de înseși fenomenele vitale de ordin metabolic din organismul viu.

Fenomenele ereditare sînt și ele transmisii de informații de la o generație la alta. „Zgomotele" în acest caz se pot manifesta prin faptul că urmașii ar poseda amprente pe care părinții nu le posedă.

Așadar, pentru proiectarea complexelor mașini de calcul, ca și pentru înțelegerea unor probleme fundamentale legate de cunoașterea cît mai aprofundată a organismului uman e nevoie de un studiu al informației sub aspectul ei general.

În vorbirea curentă întrebuințăm expresii ca „bine informat", „slab informat", adică facem aprecieri calitative ale unor informații. Pentru nevoile științei și tehnicii contemporane nu ne mai putem mulțumi cu asemenea aprecieri, care poartă un accentuat caracter subiectiv. E necesar să găsim un mod obiectiv, științific, de a aprecia informațiile ; mai mult încă, e necesar să poată fi comparate informațiile calitative eterogene, cum ar fi, de exemplu, cele optice cu cele acustice. Pentru toate aceste motive, trebuia găsit un mod de a aprecia cantitativ numeric informațiile, un mod de a le măsura, cu ajutorul unei unități de măsură potrivit aleasă.

Întîmplare și informație

Să considerăm că ne aflăm în București și telefonăm unuia din centrele Getax, cerînd să ni se trimită primul taxi liber. Pînă la venirea lui, am dori să cunoaștem marca mașinii ce va veni. Pentru a ne satisface curiozitatea ne adresăm centrului respectiv, dar fără rezultat. Aflăm doar că în oraș circulă, să zicem, 300 de taxiuri *Moskvici*, 500 *Pobeda* și 200 *Volga*, însă nici centrul nu poate ști ce tip de taxi se va ivi primul. Probabilitatea că va veni un *Moskvici* este de 0,30, o *Pobedă* de 0,50, în fine, o *Volgă* de 0,20. Mai mult nu știm nimic. Ne aflăm deci într-o stare de nedeterminare, de ignoranță, care dispare doar cînd a sosit taxiul. Dacă în loc de a dori să știm ce tip de automobil va veni, vrem să cunoaștem și culoarea sa, situația se complică. Să presupunem că există 150 de *Moskvici* roșii și 150 verzi, 250 de *Pobeda* roșii și 250 verzi, 100 de *Volga* roșii și 100 verzi. Tot ce putem afirma e că probabilitatea

ca să vină un *Moskvici* roşu e 0,15, iar unul verde la fel ; o *Pobedă* roşie — 0,25, şi una verde la fel ; o *Volgă* roşie — 0,10, ca şi pentru una verde. Şi în acest caz ne aflăm într-o stare de ignoranţă, dar acum ea e şi mai adîncă decît în cazul precedent. Înainte nu ştiam tipul maşinii, pe cînd în prezent nu cunoaştem nici tipul, nici culoarea ei. De aceea, cînd soseşte taxiul, informaţia pe care o căpătăm e mai importantă decît în primul caz, deoarece aflăm atît tipul, cît şi culoarea maşinii.

Evident, dacă în Bucureşti ar circula numai automobile de tipul *Pobeda*, cînd am cere să ni se trimită un taxi am şti precis că va veni o *Pobedă*. Nu ar exista nici un fel de nedeterminare, de ignoranţă asupra tipului de taxi, aşa că sosirea lui nu ne-ar aduce nici un fel informaţii din acest punct de vedere.

Dacă în Bucureşti circulă numai automobile de tip *Pobeda, Moskvici, Volga,* cînd am cere să ni se trimită un taxi de tip *Mercedes,* am şti precis că acest lucru e imposibil. Nici în acest caz nu ar exista nici un fel de nedeterminare. Faptul că o maşină de tip *Mercedes* nu ar sosi, nu ne-ar aduce nici un fel de informaţie din acest punct de vedere.

Ce concluzie putem trage din discuţia noastră ? Că informaţie nu există decît acolo unde apare probabilitatea, întîmplarea, iar acolo unde nu există nici un fel de incertitudine, nu putem spera să căpătăm vreo informaţie.

Fenomenele în care apare noţiunea de întîmplare caracterizată prin probabilitate sînt extrem de variate, unele mai simple, altele mai complexe, dar fiecare din ele sînt purtătoare de informaţie. Drept măsură a acestei informaţii se consideră o mărime, numită *entropie*, pentru a cărei determinare, de altfel deosebit de simplă, e necesară doar cunoaşterea probabilităţilor diverselor rezultate posibile ale experimentului în cauză.

Să presupunem acum că în Bucureşti ar exista 1 000 de maşini Getax, din care 500 de tip *Pobeda* şi 500 de tip *Volga*. Telefonăm la centrul de maşini Getax şi aşteptăm sosirea maşinii. Evident, înainte de a sosi maşina, nu putem şti ce tip de maşină va veni, *Pobeda* sau *Volga ;* uneori la chemarea noastră telefonică vine o *Pobedă*, alteori o *Volga*, dar ori de cîte ori am repeta chemarea tot nu putem şti dinainte care va fi rezultatul. De aceea, evenimentul care

constă în faptul că la chemarea noastră telefonică sosește o mașină de tip *Pobeda* e un eveniment întîmplător și la fel cel care constă în faptul că sosește o mașină de tip *Volga*. Aceste două evenimente întîmplătoare au fiecare probabilitatea 0,5. Este, oare, posibil ca înainte de sosirea mașinii să știm, să prevedem precis care din cele două evenimente se va realiza, adică ce tip de mașină va sosi ? Evident, nu. Dar iată a sosit mașina. Abia acum putem ști care din cele două evenimente s-a realizat. Desigur, prin informația primită ca urmare a săvîrșirii experienței, starea de ignoranță în care ne aflam înainte a dispărut complet. Acest fapt, că înainte de experiment nu putem ști ce se va realiza, că sîntem într-o stare de ignoranță care nu dispare decît dacă se realizează experiența și căpătăm o informație din ea, este caracteristic pentru toate evenimentele întîmplătoare. În cazul în care evenimentul în cauză nu e întîmplător, ci cert sau imposibil, desigur că înainte de a face experimentul știm tot ce va urma, deci experimentul nu ne aduce nici un fel de informație, nimic nou.

Să considerăm acum că în experiența descrisă mai sus, adică cu chemarea telefonică a unei mașini Getax, condițiile sînt schimbate, în sensul că din cele 1 000 de mașini care circulă pe piața Bucureștiului 990 sînt *Pobeda* și doar 10 sînt *Volga*. Și în acest caz evenimentul „vine o *Volgă*", ca și evenimentul „vine o *Pobedă*" sînt întîmplătoare, deoarece la o chemare telefonică se poate realiza unul sau altul, adică poate veni o *Volgă* sau o *Pobedă*. În acest caz însă, probabilitatea de realizare a evenimentului „vine o *Pobedă*" este de 0,99, iar cea a evenimentului „vine o *Volgă*" este 0,01.

Pînă aici am căutat să scoatem în relief *aspectul calitativ al problemei*, care constă în aceea că înainte de sosirea mașinii sîntem într-o stare de ignoranță, care dispare complet prin *informația* ce o căpătăm atunci cînd sosește mașina. După cum vedem, aspectul calitativ e același în ambele cazuri. Totuși există și ceva care le deosebește. Într-adevăr, efectuarea unui mare număr de experimente ne face să tragem concluzia că trebuie să acordăm o importanță mai mare informației căpătate din realizarea experimentului în care evenimentele „vine o *Pobedă*" și „vine o *Volgă*" au probabilități egale cu 0,5,

decît informației căpătate din realizarea experimentului în care evenimentul „vine o *Pobedă*" are probabilitatea 0,99, iar evenimentul „vine o *Volgă*" are probabilitatea 0,01.

Să presupunem acum că din cele 1 000 de mașini pe care Getaxul le-ar poseda la București, 800 ar fi de tip *Pobeda* și 200 de tip *Volga*. Sîntem conduși să considerăm deci că evenimentul „vine o *Pobedă*" are probabilitatea 0,8, iar evenimentul „vine o *Volgă*" are probabilitatea 0,2. Desigur că și în acest caz, înainte de a face experiența care constă în chemarea telefonică a unei mașini Getax și a sosirii acesteia, nu putem ști exact ce tip de mașină va veni. De îndată ce mașina a venit, prin informația primită starea de ignoranță în care ne aflam a dispărut complet. În cazul evenimentelor de probabilități 0,8 și 0,2 nu sîntem nici în imposibilitatea de a face vreo prognoză, ca în cazul evenimentelor de probabilități 0,5 și 0,5, dar nici nu putem face vreo prognoză atît de bună ca în cazul evenimentelor de probabilități 0,99 și 0,01. Oricum, o prognoză putem totuși face în favoarea realizării evenimentului întîmplător de probabilitate 0,8. Aceasta înseamnă că starea de ignoranță în care ne aflăm acum nu e atît de adîncă, de puternică, ca în primul caz, și nici atît de slabă ca în cazul al doilea, deci informația căpătată în cazul ultim e mai puțin prețioasă decît în cazul prim, dar mai prețioasă decît în cazul al doilea. Cu alte cuvinte, cu cît ignoranța e mai mare înainte de experiment, cu atît informația căpătată prin experiment e mai prețioasă, și cu cît ignoranța e mai redusă înainte de experiment, cu atît informația căpătată prin experiment e mai puțin prețioasă. Așadar, am ajuns în situația de a fi nevoiți să comparăm informațiile primite din realizarea diverselor experimente avînd aceleași evenimente întîmplătoare : „vine o *Pobedă*", „vine o *Volgă*". Evident, dacă am considera și situația în care pe piața Bucureștiului Getaxul ar avea 500 de *Volga*, 250 de *Pobeda*, 250 de *Moskvici*, am fi nevoiți să comparăm informațiile primite din realizarea unor experimente cu evenimente întîmplătoare diferite. Pentru acest scop e nevoie să introducem o măsură cantitativă a informației, abstracție făcînd de natura informației, de natura experimentului care ne-a furnizat informația respectivă. Pentru a putea defini o asemenea măsură cantitativă a informației, trebuie ca înainte de toate să ne

fixăm o unitate de măsură pentru informația conținută într-un experiment. Tot așa cum unitatea de măsură pentru lungimi e o anumită lungime, iar pentru greutăți e o anumită greutate, la fel unitatea de măsură pentru informația conținută într-un experiment în care intră evenimente întîmplătoare e tot o informație conținută într-un experiment în care intră evenimente întîmplătoare. După cum lungimile se pot măsura și cu metrul, și cu milimetrul, și cu anul-lumină, tot așa și unitatea de măsură pentru informație poate fi aleasă într-un mod sau altul. Uneori se preferă să se aleagă drept etalon al informației tocmai informația pe care o căpătăm dintr-o experiență cu două evenimente întîmplătoare, ambele de probabilitate 0,5. Acest etalon este denumit *etalonul binar al informației*. Să presupunem acum că Getaxul posedă în București 100 de *Volga* roșii, 100 de *Volga* albe, 100 de *Volga* gri, 100 de *Pobeda* roșii, 100 de *Pobeda* albe, 100 de *Pobeda* gri, 100 de *Pobeda* verzi, 100 de *Moskvici* albe, 100 de *Moskvici* verzi, 100 de *Moskvici* roșii. Ca de obicei, la telefon cerem să ni se trimită o mașină. Evident, oricare din aceste mașini poate veni. Probabilitatea ca să vină o *Pobedă* roșie e evident 0,1, ca și probabilitatea ca să vină un *Moskvici* alb etc. Așadar, toate posibilitățile în cauză sînt egal probabile, fiecare avînd probabilitatea 0,1. Uneori se preferă a se alege drept etalon al informației tocmai informația pe care o căpătăm din acest experiment. Acest etalon se zice *etalonul zecimal al informației*.

Cum măsurăm informațiile?

Știm cum să luăm etalonul de măsurare a ignoranței determinate de un experiment înainte de a-l săvîrși sau a informației determinate de acest experiment prin săvîrșirea lui. Cu acest etalon putem măsura informațiile de orice fel, provenite fie dintr-un text scris, fie dintr-un experiment psihologic, genetic, chimic etc. Problema cea mai dificilă constă în alegerea potrivită a modului de măsurare, de comparare a informației provenite dintr-un experiment dat cu informația conținută într-un etalon. În cazul măsurării greutății unui corp se folosesc balanțe, în cazul măsu-

rării unei distanțe se folosește ruleta, în cazul măsurării unei presiuni se folosește manometrul, dar în cazul nostru ce aparat să folosim ? Care e aici analogul cîntarului, ruletei, manometrului ? Shannon a rezolvat în mod strălucit această problemă folosind într-un mod cu totul nou și neașteptat o idee provenită din fizica statistică. Pentru a înțelege mai bine despre ce e vorba, vom da un exemplu de măsurare a informației. Să considerăm că Getaxul posedă 1 000 de mașini, dintre care 500 *Pobeda*, 250 *Volga*, 125 *Moskvici* roșii, 125 *Moskvici* verzi ; toate *Pobedele* sînt galbene, toate *Volgile* gri. Telefonăm la un centru Getax și așteptăm să vedem ce mașină va veni. Pentru a măsura nedeterminarea dinainte de a sosi mașina sau informația căpătată prin sosirea ei procedăm în felul următor. Observăm că din acest experiment se pot realiza patru evenimente întîmplătoare, după cum vine o *Pobedă*, o *Volgă*, un *Moskvici* roșu sau un *Moskvici* verde. Cum din 1 000 de mașini ale Getaxului 500 sînt *Pobeda*, probabilitatea ca să vină o *Pobedă* este 0,5 ; cum 250 sînt *Volga*, probabilitatea ca să vină o *Volgă* este 0,25. La fel se determină că probabilitatea ca să vină un *Moskvici* roșu este 0,125 și ca să vină un *Moskvici* verde este tot 0,125. Așadar, avem patru evenimente posibile de probabilități 0,5 ; 0,25 ; 0,125 ; 0,125. Observăm că etalonul binar de informație provine dintr-un experiment în care cele două evenimente întîmplătoare în cauză au fiecare probabilitatea 0,5. Observăm apoi că în baza 0,5 logaritmul lui 0,125 este 3, logaritmul lui 0,25 este 2, iar logaritmul lui 0,5 este 1. Calculînd ariile dreptunghiurilor cu laturile : 0,125 și 3 ; 0,25 și 2 ; 0,5 și 1 găsim drept rezultat : 0,375 ; 0,50 ; 0,50.

Astfel, fiecărei probabilități îi corespunde un dreptunghi. Cum am avut două probabilități egale cu 0,125, avem deci patru dreptunghiuri cu următoarele arii : 0,375 ; 0,375 ; 0,5 ; 0,5. Adunînd toate aceste arii, avem drept rezultat 0,375 + 0,375 + 0,5 + 0,5 = 1,750, care e măsura informației căpătate din experiența noastră exprimată în unități binare de informație. Acest număr este *entropia*, măsura incertitudinii experimentului respectiv. În cazul discutat a fost foarte comod să folosim etalonul binar, deoarece toate probabilitățile noastre au fost puteri întregi ale lui 0,5. Faptul că putem măsura informațiile ne dă posibilitatea

de a rezolva probleme nerezolvabile pînă în prezent. În cele ce urmează vom da cîteva exemple de modul în care teoria informației poate ajuta activitatea practică.

Să expediem o telegramă

Necesitățile vieții sociale fac să avem nevoie să expediem din ce în ce mai multe telegrame pe oră. Cum putem realiza acest lucru ? Cea mai simplă soluție ar fi să construim din ce în ce mai multe linii de comunicație, ceea ce ar implica, desigur, cheltuieli considerabile. De dorit ar fi însă să putem satisface nevoile noastre cu ajutorul aparatajului deja instalat. Să urmărim deci procesul de transmitere a unei telegrame și să presupunem că ea e redactată în limba română, deci folosește cele 26 de litere ale alfabetului latin. Transmisia are loc prin fir, utilizîndu-se două semnale de bază, primul constînd în aceea că lăsăm să treacă curentul prin fir timp de o secundă, de exemplu, și al doilea în aceea că întrerupem curentul timp de o secundă. În 5 secunde putem deci transmite 5 semnale. Dacă facem toate combinațiile cîte 5 ale celor două semnale de bază, obținem 32 de combinații. Așadar, fiecăreia din cele 26 de litere ale alfabetului latin îi putem stabili drept corespondent o anumită combinație și încă rămîn 6 nefolosite. Una din combinațiile căpătate — de exemplu cea în care curentul trece în prima, a doua și a patra secundă, iar în a treia și a cincea secundă avem pauză — s-o folosim pentru a codifica litera A. Aceasta înseamnă că ori de cîte ori vom întîlni litera A în textul telegramei, vom transmite combinația respectivă de treceri de curent și de pauze cu o durată de 5 secunde. Procedînd în același mod cu toate literele alfabetului latin, vom transmite întreaga telegramă. Acest procedeu, larg folosit în prezent, nu face însă nici un fel de deosebire între un text scris în limba franceză, germană, maghiară sau engleză, care toate folosesc același alfabet — cel latin. Se știe însă că unui text în limba română dacă e tradus în limba germană îi corespunde un text mai lung, iar dacă e tradus în limba engleză, unul mai scurt. Desigur, informația e aceeași, indiferent de limbă, ceea ce înseamnă că în cazurile în care textul e mai lung informația medie

corespunzătoare unei litere e mai mică decît în cazurile în care textul e mai scurt. Așadar, am ajuns la concluzia că acelorași litere din alfabetul latin le corespunde o cantitate de informație mai mică sau mai mare, după cum folosim o limbă sau alta. Pe de altă parte, după cum folosim o limbă sau alta, fiecare literă își are frecvența ei. În limba română, de exemplu, litera O e foarte des întîlnită, iar Z cu mult mai rar, în timp ce în limba polonă Z e cu mult mai frecventă decît în limba română. Toate acestea fac ca informația corespunzătoare unei litere să difere uneori considerabil de la o limbă la alta. Dar un șir de litere ale alfabetului latin, chiar dacă apar cu frecvențele caracteristice limbii germane, nu reprezintă încă un text în limba germană, căci am neglijat un fapt esențial, și anume că literele în limba germană sînt corelate într-un anumit mod. În germană după litera S apare foarte des litera C, iar după grupul SC litera H, așa că grupul SCH e foarte frecvent. La fel, în limba engleză după litera T apare foarte des litera H, dar foarte rar litera Z. Așadar, corelația dintre litere se evidențiază prin aceea că frecvența apariției unei litere date depinde de literele dinaintea ei. Dacă ținem seama de cele expuse, se poate calcula că în medie unei litere a unui text scris în limba engleză îi corespunde o cantitate de informație egală cu 1,213 unități binare, pe cînd pentru limba franceză calculul dă 1,190, iar pentru limba spaniolă 1,199 de unități. Pe baza acestor rezultate se poate organiza transmisia telegramelor cu o viteză mult sporită față de viteza obișnuită „alocînd" literelor celor mai frecvente semnale mai simple și cu o durată mai scurtă, spre deosebire de vechiul sistem, care, cum am arătat, nu face din acest punct de vedere distincție între diversele litere. Calculele arată că printr-o codificare potrivită se poate mări viteza de transmisie a telegramelor, de pildă în limba rusă, cu circa 66%.

Să citim o pagină

Să considerăm o pagină albă de hîrtie și să ne întrebăm care e cantitatea maximă de informație pe care ea poate s-o conțină, desigur după ce va fi scrisă. Pentru a preciza

lucrurile, să considerăm că folosim alfabetul latin, format din 26 de semne, cele 13 semne ortografice şi cele 10 cifre de la 0 la 9. În total 49 de semne. Adăugînd la acestea intervalul dintre cuvinte, avem în total 50 de semne diferite. Orice pagină scrisă cu aceste semne reprezintă un şir de 2 000 de semne luate din aceste 50, bineînţeles fiecare din ele repetîndu-se de un număr oarecare de ori. Pentru a înţelege mai clar problema pe care căutăm s-o rezolvăm, să ne gîndim că o mare parte din cultura umană, din tot ce s-a creat sau se va crea mai sublim, mai înălţător de către întreaga omenire se exprimă sau se va exprima cu ajutorul acestor 50 de semne : de la Cicero la Dante şi Eminescu, de la Herodot la Balzac şi Goethe, de la Homer la Spinoza şi Arghezi. Pe de altă parte, între toate aceste texte, evident, vor fi extraordinar de multe banale, altele fără sens. Desigur e inutil a încerca a face o listă cît de cît cuprinzătoare, căci sîntem copleşiţi de imensitatea ei. Asta relativ la trecut. Dar cum am putea face o listă a ce va fi exprimat în viitor ? Evident, e imposibil. Şi noi încercăm să calculăm prin mijloacele teoriei informaţiei cantitatea maximă de informaţie ce o conţine o pagină scrisă cu ajutorul acestor 50 de semne diferite.

Făcînd o socoteală nu prea complicată, ajungem la concluzia că numărul de texte de cîte 2 000 de semne este $50^{2\,000}$, adică un număr care se exprimă cu aproximativ 3 400 de cifre, din care cel puţin 2 000 de zerouri stau la sfîrşit. Pentru scrierea acestui număr ne-ar trebui aproape două pagini de text. Să considerăm acum că din totalitatea, aşa de numeroasă, a textelor folosibile care cuprind cîte 2 000 de semne ne fixăm asupra unuia şi-l scriem pe o pagină de hîrtie. Cu alte cuvinte, ceea ce facem s-ar putea explica figurativ cu ajutorul unei căciuli uriaşe în care s-ar afla exemplare din toate paginile posibile scrise cu ajutorul a 2 000 de semne. Amestecînd bine conţinutul căciulii şi scoţînd una la întîmplare, căpătăm o pagină care conţine un anumit text. Ne întrebăm ce informaţie maximală putem căpăta în acest mod ? Pentru a căpăta informaţia maximă, precum am văzut şi în alte cazuri, trebuie să considerăm că toate evenimentele (aici textele de 2 000 de semne) posibile sînt egal probabile şi deci fiecare dintre ele posedă o probabilitate dată de 1 împărţit la numărul de 3 400 de

cifre considerat mai sus. Asta înseamnă că în căciula uriașă de care a fost vorba se află același număr de pagini din fiecare text de 2 000 de semne. Folosind regula dreptunghiurilor, ajungem la concluzia că textul nostru ne aduce o informație maximală egală cu 3 400 de unități zecimale de informație, adică cu 11 294,8 unități binare de informație. Precum vedem, acest număr reprezintă o cantitate uriașă de informație. El poate fi interpretat drept cantitatea maximală de informație ce poate fi înmagazinată, păstrată, de un text de 2 000 de semne. Pentru a ne da seama ce înseamnă acest lucru, e suficient să considerăm numărul π; a avea o informație egală cu 3 400 unități zecimale despre el, înseamnă a cunoaște 3 400 de zecimale ale sale !

În fața televizorului

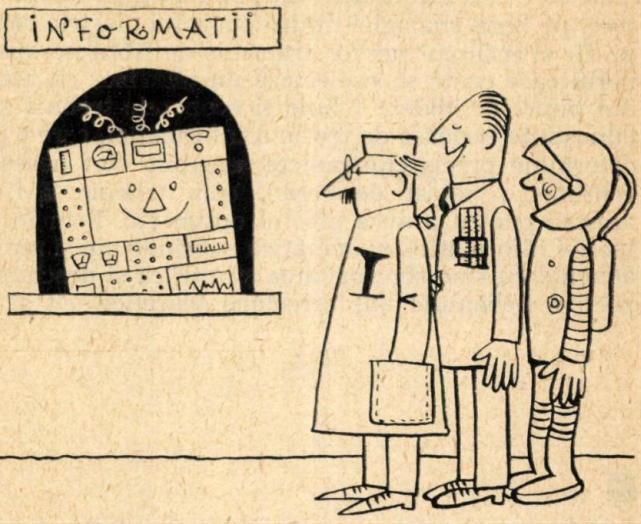
Să ne întrebăm acum care este cantitatea maximală de informație ce ne-o aduce televizorul într-un minut. Înainte de a răspunde la întrebare, să ne uităm cu atenție la modul de funcționare a acestui aparat. Să presupunem că aparatul prezintă imagini în diverse nuanțe de alb și negru. Ecranul televizorului, adică locul în care apar toate imaginile, e format dintr-o infinitate de puncte. Dacă toate aceste puncte ne-ar da informație, am avea o cantitate infinită de informație. În realitate, noi nu sîntem în stare nici să producem, nici să transmitem cantități infinite de informație și nici nu avem niciodată nevoie s-o facem. În fiecare caz luat în parte avem nevoie doar de o cantitate de informație suficientă pentru un anumit scop. În cazul nostru avem nevoie de o cantitate de informație suficientă ca noi să nu putem observa lipsa restului de informație. Iată despre ce e vorba. Ochiul omenesc nu poate deosebi două puncte decît dacă ele se află la o anumită distanță ; dacă ele se află la o distanță mai mică, noi le vedem ca un singur punct. Din această cauză, în loc de a obține imagini din fiecare punct al ecranului, e suficient să obținem imagini doar dintr-un număr finit de puncte, situate pe ecran la distanțe alese în așa fel, încît noi să nu putem observa că

există puncte inerte, care nu produc imagini. Desigur, calitatea imaginii totale variază, depinzînd de dibăcia noastră de a alege aceste puncte și de numărul lor, care variază de la 200 000 la 1 000 000. Așadar, cînd privim o imagine pe un ecran de televizor, în realitate privim doar un număr finit de imagini punctuale, dar numărul lor fiind foarte mare și punctele fiind dibaci așezate, această impresie e înlocuită de cea totală. Să trecem acum la a doua observație. Fiecare din aceste puncte luminoase de pe ecran ne dă o imagine corespunzător unei anumite nuanțe de alb și negru, de la albul cel mai pur pînă la negrul cel mai pur. Dacă am folosi într-adevăr toată gama de nuanțe în alb-negru, am fi puși în situația de a opera cu cantități infinite de informație. În realitate ochiul omenesc nu poate distinge două astfel de nuanțe decît dacă sînt destul de diferite. Din această cauză se folosesc doar cîteva zeci de astfel de nuanțe, și nu o infinitate. Să trecem acum la a treia observație. Se știe că dacă două imagini se succed în fața ochilor noștri la un interval destul de mic de timp, se formează impresia de mișcare. Aceasta se datorează faptului că înainte ca imaginea primă să fi dispărut din ochiul nostru a apărut a doua imagine. Tehnica cinematografului tocmai pe acest fapt e bazată. În acest scop e suficient ca imaginile să se succeadă cîte 25 pe secundă. Acest fapt e folosit, evident, și de televizor. Să considerăm deci că avem de-a face cu un televizor al cărui ecran posedă 1 000 000 de puncte sensibile, fiecare din acestea putînd prezenta una din zece nuanțe de alb și negru și că imaginile se succed cîte 25 pe secundă.

Să considerăm că cele zece nuanțe de alb și negru le notăm cu cele zece cifre de la 0 la 9 și să ne fixăm atenția asupra unuia din cele 1 000 000 de puncte ale ecranului. Să presupunem că gradul de luminozitate pe care îl constatăm în acel punct corespunde numărului 8, sau 3, sau 1 etc. Am ajuns deci a reprezenta starea de luminozitate a punctului nostru printr-un text cifrat conținînd o unică cifră.

Deoarece în timp de o secundă ecranul televizorului ne prezintă 25 de imagini diferite, fiecăreia din ele îi corespunde un text de 1 000 000 de cifre, deci textul corespunzător imaginilor prezentate de televizor într-o secundă trebuie să posede 25 000 000 de cifre. Dacă televizorul func-

ţionează o oră, textul corespunzător va poseda 25 000 000 × × 3 600 = 90 000 000 000 de cifre. Dacă considerăm că pe o pagină tipărită de carte încap 3 000 de cifre, textul nostru ar încăpea în 30 000 000 de pagini, adică în 60 000 de vo-



lume fiecare a cîte 500 de pagini. Cantitatea de informaţie respectivă ar fi de 90 000 000 000 de unităţi zecimale de informaţie.

Matematica cuprinde noi şi noi domenii

Exemplele în care teoria informaţiei aduce o contribuţie esenţială la rezolvarea problemelor puse de practică sînt nenumărate. Cercetătorul care studiază reacţiile psihologice în procesul muncii trebuie să folosească metodele şi ideile de bază ale teoriei informaţiei, căci numai în acest chip el va putea trage concluzii ştiinţifice privind îndrumarea muncitorilor în sensul formării cît mai rapide de deprinderi utile în muncă. Biologul care-şi consacră viaţa aflării tainelor eredităţii este ajutat de teoria informaţiei, căci, oricît de complex ar fi mecanismul transmisiei în acest

caz, tot noțiunile abstracte ale teoriei informației sînt acelea care exprimă cantitățile de informație ce intervin, codificările ce au loc etc. în celulele embrionare. Fiziologul care caută să pătrundă problemele sistemului nervos uman găsește în teoria informației un puternic instrument de cercetare, pe baza analogiei dintre curentul electric care circulă pe fir și influxul nervos transmis de fibra nervoasă. Inginerul care caută să proiecteze un televizor cît mai perfect din punct de vedere tehnic și economic trebuie să posede cunoștințe serioase de teorie a informației, care-i permit să determine precis cîte puncte sensibile sînt necesare unui centimetru patrat de ecran, cum trebuie să fie așezate acestea pentru a avea efectul optim etc. Prin intermediul teoriei informației, matematica cuprinde noi și noi domenii, aducînd cu sine rigurozitatea științifică și deschizînd perspective nebănuite atît cercetării teoretice, cît și practicii.

DAN BARBILIAN (ION BARBU) (1895—1961)

Matematicianul și, în același timp, poetul român Dan Barbilian s-a născut la 19 martie 1895 în Cîmpulung-Muscel și a murit la 12 august 1961 în București.

Începe a se face cunoscut prin activitatea sa literară. Publică sub pseudonimul Ion Barbu. Primele poezii îi apar în revista „Sburătorul", condusă de criticul și istoriograful literar Eugen Lovinescu.

Poet de factură modernă, adoptînd stilul parnasian și ermetismul lui Paul Valéry, Ion Barbu se impune repede în poezia românească din perioada anilor 1919—1930.

Pe tărîm științific, Dan Barbilian se remarcă prin cercetările sale de geometrie și algebră, fiind unul dintre promotorii axiomaticii la noi în țară.

Preocuparea sa pentru matematică, devenită pasiune după anul 1930, se vădește de timpuriu, din timpul studiilor medii. Elev fiind, rezolvă probleme pentru „Gazeta matematică", dînd soluții originale, fapt care îl face să fie remarcat de Țițeica. Urmează apoi cursurile Facultății de științe din București, unde are ca profesori pe Țițeica, Pompeiu, David Emanuel, Lalescu. Își ia licența în matematici în 1918, după ce se întoarce din primul război mondial, în care luptase în cadrul unui regiment de pontonieri.

Cu ajutorul lui Țițeica pleacă la Göttingen (1921) pentru a studia teoria numerelor cu L. Landau, apoi la Tübingen și Berlin, unde rămîne pînă în 1924.

La 21 ianuarie 1929, reîntors în București, își ia doctoratul în matematici printr-o lucrare asupra funcțiunilor hipereliptice. Ocupă postul de asistent la catedra de geometrie analitică a Universității din București, unde funcționează din 1926 pînă în 1932. Este numit apoi, pe rînd, conferențiar la catedra de matematici elementare și geometrie descriptivă (1935), profesor titular la catedra de matematici elementare și axiomatică (1938), profesor la catedra de algebră și teoria numerelor (1941). După reforma învățămîntului din 1948 și pînă la îmbolnăvirea sa din 1959 funcționează ca profesor de algebră și teoria numerelor la Facultatea de matematică și fizică a Universității din București.

În prelegerile sale universitare, precum și în studiile matematice pe care le publică, Dan Barbilian se ocupă în special de cercetarea axiomatică și teoria grupurilor. Pe baza acestora trece după 1933 la fundarea axiomatică sau grupal teoretică a geometriei.

În 1961 i se publică lucrarea „Grupuri cu operatori", în care se găsesc tratate conceptele de bază din teoria grupurilor și structurilor și teoria inelelor.

Activitatea științifică a lui D. Barbilian a fost cunoscută și apreciată și peste hotare, mai ales în Germania. În 1938 a fost ales membru al *Uniunii matematicii germane.*

O particulă enigmatică — neutrino

ION NEGRESCU

Un cercetător în domeniul particulelor elementare a făcut într-o zi un cadou neobișnuit colaboratorilor săi. După ce au desfăcut ambalajul, aceștia au găsit... o cutie de chibrituri frumos colorată pe care se afla inscripția : „Înăuntru se află o sută de neutrini". Cînd a fost deschisă cutia s-a constatat, după cum era de așteptat, că ea era goală... Și totuși cercetătorul spunea un adevăr.

Un volum de mărimea unei cutii de chibrituri, indiferent dacă este plin cu aer, petrol sau pietre, conține aproximativ o sută de neutrini, care îl străbat cu viteza luminii în permanență și în toate direcțiile posibile, trecînd prin orice fel de obstacol întîlnit.

Într-adevăr, pentru neutrini nu există obstacole. Roiuri de neutrini născuți în adîncurile incandescente ale stelelor, unde au loc inimaginabile reacții termonucleare generatoare de lumină și căldură, străpung grosimea colosală a substanței stelare și se împrăștie în spațiul cosmic parcurgînd distanțe uriașe. Călători singuratici și indiferenți, neutrinii nu cedează spațiului cosmic nici o părticică din colosala energie pe care o iau din stele, și această ener-

gie este într-adevăr colosală. Astfel, de pildă, s-a calculat că neutrinii care pleacă din Soarele nostru transportă aproape a zecea parte din întreaga energie degajată de el, energie care ar fi suficientă pentru a aprinde 40 000 de Luni pe bolta cerului !

Neutrinii însă nu iau naștere numai în adîncurile nesfîrșite ale universului. În întrecere cu universul, omul a creat în modernele sale laboratoare de pe Pămînt gigantice acceleratoare de particule cu ajutorul cărora a reușit să oblige neutrinii să-și facă simțită prezența.

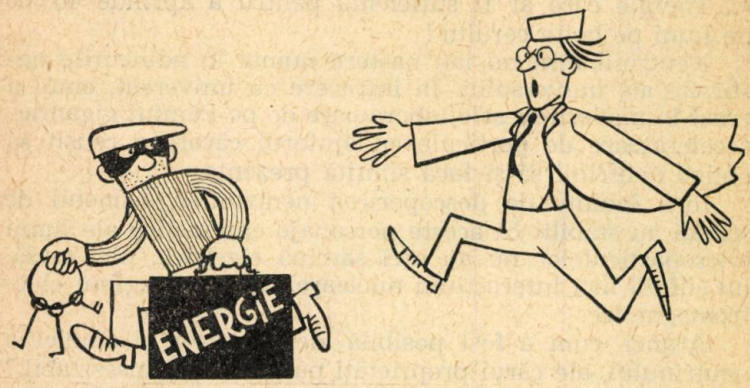
Încă înainte de descoperirea neutrinilor, oamenii de știință au stabilit că aceste personaje enigmatice ale lumii microparticulelor nu au nici sarcină electrică, nici masă, nu suferă nici interacțiuni nucleare, nici interacțiuni electromagnetice.

Atunci cum a fost posibilă descoperirea și studierea neutrinului, ale cărui proprietăți par să-l facă insesizabil ?

Cunoscutul savant atomist american George Gamow, care s-a remarcat și ca iscusit popularizator al științei, arată într-o carte a sa [1] că neutrinii au intrat în fizică „pe ușa din dos" și că „felul în care aceste particule au fost descoperite și studiate constituie unul din romanele polițiste cele mai captivante ale științei moderne". Descoperirea neutrinilor este direct legată de o problemă crucială care s-a ivit la un moment dat în istoria fizicii, anume problema de „a fi sau a nu fi" valabilă legea conservării energiei. George Gamow descrie foarte sugestiv acest lucru : „Captivanta descoperire a neutrinului a început nu prin stabilirea faptului că ceva există, ci prin acela că ceva lipsește. Ceea ce lipsea era energia, și fără energie, conform uneia din cele mai vechi legi ale fizicii, nimic nu poate fi creat și nimic nu poate fi distrus, iar descoperirea că această energie care trebuia să fie prezentă lipsea dovedea existența unui hoț sau a unei bande de hoți care o răpise. Și în felul acesta, detectivii științei, oameni cu o minte ordonată, cărora le place să dea un nume lucrurilor chiar atunci cînd nu le pot vedea, i-au botezat pe acești hoți de energie spunîndu-le *neutrini*". Dar în ce procese și cum apărea minusul de energie ? Odată prezis pe cale teoretică

[1] *George Gamow*. „Unu, doi trei... infinit", București, Editura tineretului, 1958, p. 167.

neutrinul, cum a fost confirmată experimental existența lui ? Ce caracteristici are neutrinul și cum pot fi ele folosite de știință ? Înainte însă de a răspunde la aceste între-



bări, să facem o incursiune în inima atomului, în nucleul său.

În inima atomului

În jurul nucleului atomic, încărcat electric pozitiv, se rotesc electroni cu sarcină electrică negativă. Numărul electronilor care se rotesc în jurul nucleului este egal cu numărul de sarcini electrice pozitive ale nucleului, adică cu numărul atomic al elementului respectiv. De aceea, un atom, în mod normal, apare în ansamblu ca neutru din punct de vedere electric.

Rotindu-se pe anumite orbite în jurul nucleului, electronul mai exercită totodată și o mișcare de rotație în jurul axei proprii. Fizica a demonstrat însă că o sarcină electrică în mișcare generează în jurul ei un cîmp magnetic, astfel că electronul care se rotește în jurul nucleului posedă pe lîngă cîmpul electric generat de sarcina sa electrică și un cîmp magnetic. Electronul poate fi privit deci atît ca un titirez, cît și ca un mic magnet. Cele două proprietăți noi ale electronului au primit numele de

spin, de la cuvîntul englezesc *spin*, care înseamnă fus, și de *moment magnetic propriu*, măsurat în magnetoni Bohr.

Să revenim însă la nucleu. Experiența și teoria au stabilit că particulele constituente ale nucleului, protoni și neutroni, cunoscuți și sub denumirea comună de *nucleoni*, au spinul semiîntreg, egal cu $^1/_2$, ca, de altfel, și electronul. Totodată s-a stabilit că spinul unui nucleu are o valoare întreagă atunci cînd aceasta conține un număr par de neutroni și protoni și, dimpotrivă, are o valoare semiîntreagă cînd conține un număr impar de protoni și neutroni. Un nucleu atomic conține în mod obișnuit un număr de protoni egal cu cel al electronilor planetari. Masa protonului se consideră egală cu 1, iar sarcina electrică cu +1, spre deosebire de cea a electronului, care e —1. În componența masei totale a nucleului, dată de numărul de masă al acestuia, intră și neutronii, particule avînd masa egală cu unitatea și sarcina electrică nulă.

Pentru a putea fi explicată structura materiei, structura internă a atomului, a fost nevoie de descoperirea și studierea amănunțită a celor trei constituenți despre care am vorbit mai sus : electron, proton și neutron. Aceasta era situația acum aproximativ trei decenii. Era o situație aparent liniștită în fizică, numai că ea n-a durat prea mult. Încă de pe atunci calculele teoretice prevedeau o complicare a lucrurilor, teoria prevedea apariția pe scena particulelor elementare a unor noi personaje.

Întrecerea dintre teorie și experiență

Se întîmplă uneori ca din calculele teoretice întreprinse în legătură cu un fenomen cunoscut să rezulte unele concluzii care să depășească scopul propus inițial și care să permită îndrumarea fizicii experimentale pe un nou făgaș. Este adevărat că de multe ori apare și situația inversă, experiența o ia mult înaintea teoriei, se descoperă lucruri noi și interesante care nu-și mai găsesc locul în vechea teorie, iar fizica teoretică se vede nevoită apoi să găsească o nouă formulare a vechilor principii sau,

eventual, o teorie complet nouă care să corespundă cu constatările experimentale.

În problema noastră au existat ambele situații. Cînd teoria o lua înaintea experienței, cînd experiența, străduindu-se să verifice deducțiile teoretice, reușea să descopere lucruri noi care au dat apoi multă bătaie de cap teoriei.

În 1929 apare o teorie bine pusă la punct a primei particule elementare cunoscute — electronul, teorie emisă de fizicianul Dirac. Din ecuațiile stabilite de acesta se puteau deduce proprietățile electronului, precum și comportările cunoscute ale lui. Lucru curios însă, soluțiile ecuațiilor respective prevedeau existența unei particule elementare care să aibă aceeași masă și valoare pentru spin ca și electronul și a cărei sarcină să fie egală cu o unitate de sarcină elementară pozitivă. Particula respectivă era un veritabil *electron pozitiv*.

La început a fost destul de greu pentru fizicieni să se împace cu modul de interpretare a ecuațiilor lui Dirac, dar după ce, în 1932, fizicianul american Anderson descoperă pe cale experimentală acest electron pozitiv în compoziția razelor cosmice, toată lumea a căpătat încredere deplină în teoria respectivă.

Noua particulă, notată cu e^+, a primit numele de *electron pozitiv*, sau *pozitron*, ca fiind opusul electronului e^-. Cele două particule e^+ și e^- au aceeași masă, aceeași valoare a spinului, iar sarcina electrică este egală la e^- cu o unitate de sarcină negativă, pe cînd la e^+ cu o unitate de sarcină pozitivă. Datorită proprietăților sale, pozitronului i se mai zice și *antielectron*, sau *antiparticula electronului*, adică particula opusă electronului.

Am vorbit despre nucleul atomic și am văzut că acesta este format numai din protoni și neutroni. Cum protonii au sarcină electrică pozitivă și deoarece două sarcini electrice de același fel se resping, rezultă că în spațiul foarte mic al nucleului unui atom, unde sînt înghesuiți un anumit număr de protoni, ar trebui să existe forțe de respingere foarte intense între protonii respectivi. Dacă ar fi așa, ar trebui ca toate nucleele să facă

explozie, deci să nu mai existe atomi, ceea ce, evident, nu corespunde realităţii. Stabilitatea lor a fost pusă pe seama unor forţe speciale, cărora li s-a dat numele de *forţe nucleare*. Aceste forţe acţionează numai la distanţe foarte mici şi apar atît între protoni cît şi între neutroni.

Studii teoretice foarte serioase întreprinse de numeroşi fizicieni asupra forţelor nucleare au dus la concluzii interesante. Sintetizînd rezultatele obţinute, fizicianul japonez Yukawa a emis în 1935 ipoteza existenţei în nucleu, pe lîngă protoni şi neutroni, a încă unei particule elementare care ar explica într-un fel stabilitatea nucleului.

Într-adevăr, în 1937, fizicienii experimentatori reuşesc să descopere tot în radiaţia cosmică nişte particule noi care se încadrau destul de bine în previziunile teoretice ale lui Yukawa. Aceste particule, denumite *mezoni*, au o masă cuprinsă între cea a electronului şi protonului, fiind de aproximativ 200 de ori mai grele decît un electron [1].

Studiul razelor cosmice a permis, aşadar, descoperirea celor două particule prezise de teorie, pozitronul şi mezonul, dar cunoaşterea unor noi particule nu s-a oprit aci. În 1947 sînt descoperiţi, tot în radiaţia cosmică, un alt tip de mezoni, de aproximativ 273 de ori mai grei decît electronii. Primului tip de mezoni li s-a zis mezoni μ, iar celor descoperiţi în 1947, mezoni π.

Faptul că asemenea particule se găseau numai în razele cosmice, adică în domeniul *energiilor înalte*, a sugerat oamenilor de ştiinţă să încerce să le obţină artificial prin accelerarea unor particule elementare cunoscute şi ciocnirea lor fie cu nuclee, fie cu alte particule.

Dezvoltarea rapidă şi intensă a tehnicii acceleratoarelor de particule şi creşterea continuă a performanţelor obţinute de acestea au permis într-adevăr oamenilor de ştiinţă să descopere şi să studieze un număr destul de mare de particule şi antiparticule elementare.

[1] Masa protonului, ca şi a neutronului, este aproximativ egală cu o unitate atomică de masă, iar un electron este de 1 836,5 ori mai uşor decît un proton. Pentru a forma un gram sînt necesari 10 000 000 000 000 000 000 000 000 000 de electroni, deci masa unui electron este egală cu $9{,}106 \times 10^{-28}$ g.

De la radioactivitatea naturală la „misteriosul" neutrino !

În jurul anului 1896, fizicianul francez A. H. Becquerel, ocupîndu-se cu studiul acțiunii luminii asupra unor substanțe, a împachetat într-o zi o bucată de rocă ce conținea uraniu (o sare de uraniu) într-o hîrtie neagră și a închis-o într-un dulap în care păstra și cîteva plăci fotografice. Developînd după cîtva timp plăcile, nu mică i-a fost mirarea cînd a constatat că pe ele se imprimase foarte exact conturul pietrei respective. Repetînd experiența cu roca respectivă, fără ca aceasta să fie expusă la vreo sursă de lumină, a constatat din nou că placa fotografică este impresionată. După un șir de experiențe, el a tras concluzia că e vorba de un fenomen complet nou, care a primit numele de *radioactivitate naturală* și care constă în proprietatea unor substanțe, ca uraniu, radiu, poloniu etc., de a emite, fără vreo cauză exterioară și fără nici un fel de întrerupere, radiații, cărora li s-a zis *radioactive*. Cercetările au arătat că radiațiile radioactive pot fi de trei feluri :

— *Raze* α, sau nuclee de heliu, care au o putere de pătrundere mică (sînt puternic absorbite de materie) și impresionează intens placa fotografică.

— *Raze* β, care au o putere de pătrundere destul de mare și sînt de fapt electroni.

— *Raze* γ, care au cea mai mare putere de pătrundere și sînt raze de același fel cu undele de radio, undele de lumină, razele ultraviolete sau X, numai că au o lungime de undă mult mai mică.

Emisia respectivă are loc, după cum am văzut, fără întrerupere și, orice s-a încercat, ea nu a putut fi influențată. Radiațiile sînt emise direct de către nucleele atomilor substanței care posedă această proprietate. În urma emisiei, nucleele suferă unele modificări care duc la transformarea atomului elementului inițial într-un atom al unui alt element.

Un atom care emite în mod natural radiații β se zice că este β — *radioactiv* și că suferă o *transmutație* β. Azi se cunosc foarte multe elemente β — radioactive. Fizica și-a îndreptat atenția asupra dezintegrării β la începutul deceniului al 4-lea al secolului nostru, încercînd să dez-

lege tainele ei, așa cum făcuse cu succes cu doi-trei ani în urmă, în cazul dezintegrării α (alfa) a nucleelor.

Nucleul atomului unui element β — radioactiv emite fie un electron pozitiv, fie unul negativ, atomul respectiv transformîndu-se într-un atom al unui alt element chimic. În studiul dezintegrării β a intervenit însă o primă dificultate. De unde vin electronii ? Cum se explică prezența electronilor în nucleul atomic ? Este posibil oare ca electronii să facă parte din structura nucleului atomic, ceea ce presupune ca ei să fie înghesuiți în nucleu cu energii foarte mari ? Astfel de energii care să mențină electronul în limitele nucleului nu se manifestaseră în experiențe. Pe de altă parte, existența electronilor în nucleu intra în contradicție cu teoria structurii protono-neutronice a nucleului, confirmată pînă atunci de nenumărate ori.

Și totuși datele experimentale demonstrau că electronii ieșeau din nuclee cu o revoltătoare insolență. Dificultatea ivită a fost însă relativ ușor învinsă. S-a ajuns la concluzia, confirmată ulterior, că, deoarece în nucleu nu există nici e^+, nici e^- —, trebuie neapărat ca particulele constituente ale nucleului, protonii și neutronii, să sufere unele transformări, în urma cărora să apară acești electroni sau pozitroni care sînt emiși de nucleele β — radioactive.

S-a stabilit într-adevăr că un neutron poate suferi o transformare, o *dezintegrare*, în urma căreia să apară un proton și un electron. De asemenea, în urma dezintegrării unui proton apare un neutron și un pozitron.

Studiindu-se mai departe dezintegrarea β a elementelor radioactive, s-a constatat destul de repede că în acest caz fizica e pusă într-o situație destul de delicată. Se părea că dezintegrarea β nu vrea să respecte multe legi fundamentale ale fizicii, printre care și legea conservării energiei, piatra unghiulară a întregii fizici. O parte din energia ce însoțește transformarea părea că dispare în mod inexplicabil. Cum ? Cercetări experimentale îndelungate și migăloase efectuate asupra dezintegrării β a nucleelor atomice au condus la concluzia că nucleul radioactiv care emite electronul are atît înainte cît și după

emisie o stare bine determinată. Transformarea internă a unui nucleu în cazul dezintegrării β efectuîndu-se în condiții bine determinate, trebuie deci să fie însoțită și de transformări energetice bine definite.

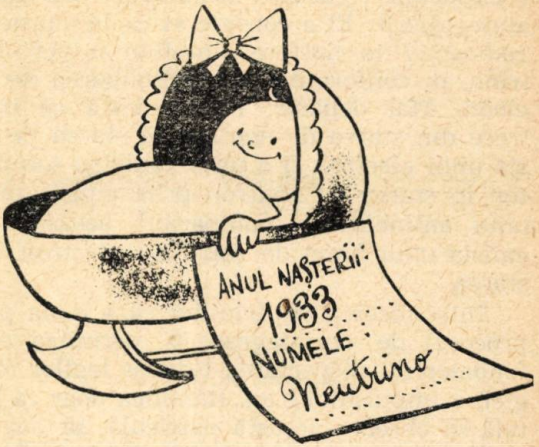
Diferența de masă, de energie și de moment cinetic între stările nucleului radioactiv înainte și după emisie ar trebui să fie riguros regăsită în produsul de dezintegrare, adică la electron. Cu alte cuvinte, toți electronii care rezultă în dezintegrarea β a unui anumit nucleu ar trebui să aibă aceeași energie, transmisă de nucleu, și să se deplaseze deci cu aceeași viteză.

Efectuîndu-se măsurători minuțioase pentru a determina cu maximum de precizie schimburile energetice ce intervin în procesul respectiv, s-a obținut un rezultat contrar celui sperat. Electronii ce rezultau în dezintegrarea β, spre deosebire de alte procese similare, aveau chiar pentru un anumit fel de nuclee diferite energii, cuprinse într-un domeniu ce se întinde de la valoarea zero pînă la o valoare limită superioară. Se părea că în fiecare proces de dezintegrare β dispare o cantitate variabilă de energie. Cum și unde, nu se știe.

Lucrurile s-au complicat și în ceea ce privește spinul. La emisie, spinul nucleului radioactiv varia cu o unitate, în timp ce spinul electronului rezultat avea o jumătate de unitate. Unde dispărea cealaltă jumătate? Și aici apărea un „hoț"! Iată deci că studiul radioactivității β a adus în fizică, la începutul deceniului al 4-lea, un „caz" care a stîrnit multe controverse și a dat multă bătaie de cap fizicienilor, și nu numai lor. Cazul energiei lipsă, a spinului lipsă a devenit destul de grav.

Întrucît disputa se prelungea, unii au recurs la argumente „ilegale", contestînd chiar legea conservării energiei. Ei au pretins că dezintegrarea β oferă, în sfîrșit, un exemplu, cei drept unicul, de „neconservare a energiei" constituind o abatere, consemnată de experiență, de la celebra lege a conservării energiei. Confirmarea acestui lucru ar fi însemnat o adevărată catastrofă pentru fizică, deoarece ar fi clătinat serios tot edificiul ei, clădit cu atîta greutate.

Era evident că trebuia găsită o ieșire din impas. Această ieșire s-a produs în 1933. La Congresul Solvay ținut în acel an, fizicianul Wolfgang Pauli a arătat că dificultățile în explicarea dezintegrării β pot fi evitate dacă



se admite că nucleul radioactiv emite în același timp cu electronul și o altă particulă care scapă observațiilor și care, la sugestia lui Enrico Fermi, prezent la congres, a căpătat denumirea de *neutrino*, ceea ce înseamnă în limba italiană *micul neutron*.

Suma energiei electronului și a energiei acestei particule noi nu mai avea orice valoare, ci tocmai cea prevăzută de teorie. De asemenea, se presupunea că particula neutrino are spinul egal cu jumătate de unitate, pentru a echilibra bilanțul deficitar și în această privință.

Cei doi complici — electronul și neutrino — puteau împărți cum voiau „prada" luată din nucleu. Astfel, faptul că electronii aveau diferite energii se explica tocmai prin acest „cum voiau".

Electronul însă putea fi văzut de toți, în timp ce „complicele" său era insesizabil. Pauli și Fermi, care au elaborat curînd după aceea (1934) faimoasa lor *teorie a dezintegrării β*, au explicat și aceasta, afirmînd că „complicele" nu are sarcină electrică, iar masa lui este neînsemnată în comparație chiar cu masa electronului.

Particula nou descoperită, deocamdată numai în vîrful condeiului teoreticienilor, părea să fie o copie de zeci de milioane de ori mai ușoară a neutronului, ceea ce justifica denumirea de *neutrino*. În teoria sa, Fermi a dat o explicație riguroasă desfășurării întregului proces al dezintegrării β. El a considerat că la emisia β a unui nucleu radioactiv ia naștere simultan o pereche electron-neutrino, în conformitate cu schimbarea de stare a unui nucleon. Mai departe, Fermi arată că un nucleon poate trece din starea de neutron în starea de proton prin emisia unui electron și a unui neutrino sau din starea de proton în starea de neutron prin emisia unui pozitron și a unui antineutrino, comparînd această transformare cu emisia unui foton de către un electron care își schimbă starea.

Introducerea neutrinului ca a doua particulă emisă în procesul de dezintegrare β permitea explicarea acestui fenomen cu respectarea tuturor legilor (conservarea energiei, a impulsului ș.a.). Rămînea doar ca fizica experimentală să observe această particulă, să dovedească existența ei. De la început însă fizicienii și-au dat seama că va fi foarte greu să facă acest lucru. Lipsa sarcinii electrice și a masei de repaus făceau ca particula neutrino să scape oricăror încercări a fizicienilor de a observa direct, de a o pune în evidență.

Perseverența duce la rezultate bune

O dată emisă ipoteza lui Pauli cu privire la existența neutrinului, se liniștiseră spiritele, și încrederea fizicienilor în valabilitatea legilor de conservare și-a recăpătat drepturile ce se clătinaseră puțin înainte. Mai mult, curînd au fost descoperite alte fenomene care nu ar fi putut fi explicate fără existența neutrinului.

Astfel, în 1934, Irène și Fréderic Joliot-Curie au descoperit dezintegrarea β^+, în care se emite un pozitron, nucleul pierzînd o unitate de sarcină pozitivă și transformîndu-se într-un altul, cu numărul atomic mai mic cu o unitate. De exemplu, nucleul de carbon (număr atomic 6, greutate atomică 11) suferind o dezintegrare β^+ se trans-

formă într-un nucleu de bor, cu aceeași greutate atomică, dar cu numărul atomic 5 :

$$C_6^{11} \rightarrow B_5^{11} + e^+ + \nu$$

Explicarea reacției nucleare de mai sus nu este posibilă fără să admitem că o dată cu pozitronul e^+ se emite din nucleu și un neutrino ν.

Mai tîrziu, cînd au fost descoperiți și studiați mezonii π și μ, s-a constatat, de asemenea, că dezintegrarea lor nu poate fi explicată decît admițînd existența neutrinului.

$$\mu^{\pm} \rightarrow e^{\pm} + \nu + \nu^-$$
$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$$
$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu^-$$

Mai mult, se părea că există suficiente motive pe baza cărora să se presupună că există și antiparticula neutrinului, antineutrinul, notat cu $\bar{\nu}$.

Pentru ca să se încheie complet discuția asupra existenței neutrinului, trebuia însă neapărat ca el să fie detectat. Dar cum trebuia detectat neutrinul ? Trebuia să se țină seama de faptul că această particulă enigmatică n-are sarcină electrică, prin urmare nu lasă urme nici în contori, nici în camere de tipul camerei Wilson, nici pe plăci fotografice. Cum se întrevedea o mare greutate în realizarea practică a detectării experimentale a neutrinului, s-a făcut apel la teorie. Exemplul previziunii teoretice a pozitronului și descoperirii ulterioare a particulei respective cu exact proprietățile prevăzute a mărit încrederea fizicienilor în calculele teoretice. Din păcate, de data aceasta, teoria nu prevedea nimic îmbucurător. S-a stabilit astfel că neutrinul face parte din grupa de particule cu interacțiune slabă. Astfel, interacțiunea neutrinului cu protonii și electronii a fost calculată a fi de aproximativ 10^{12} (o mie de miliarde) ori mai slabă decît interacțiunea fotonilor cu substanța. Nu mai era acum de mirare de ce această particulă scăpa tuturor încercărilor făcute de fizicieni pentru a fi detectată. Calculele arată că un neutrino poate să străbată toată grosimea globului pămîntesc, de la un pol la altul, fără a provoca vreo reacție nucleară, deci fără a oferi posibilitatea ca el să fie detectat.

Neutrinul a devenit în felul acesta o problemă cu adevărat dificilă pentru fizica particulelor elementare.

Din studiul amănunțit al proprietăților pe care ar trebui să le aibă această particulă au fost confirmate din nou o serie de date anterioare. Astfel s-a stabilit că masa de repaus a neutrinului nu poate fi mai mare decît a 50 000-a parte din masa de repaus a electronului, momentul magnetic al lui nu poate depăși a miliarda parte din momentul magnetic al electronului, spinul trebuie să fie egal cu $^1/_2$ etc. ...

S-a mai stabilit că Pămîntul primește în fiecare clipă o mare cantitate de neutrini, atît de la Soare cît și de la celelalte stele din Galaxia noastră sau din alte galaxii, dar aceștia nu pot fi utilizați pentru a se efectua o experiență de detectare directă a lor.

O dată cu construirea reactoarelor nucleare cu fisiune s-au obținut și mult doritele surse intense de neutrini, deoarece în urma proceselor de fisiune a nucleelor grele apar nucleele de fisiune, care sînt instabile și emit neutrini prin dezintegrare. Fluxurile de neutrini date de aceste reactoare nucleare au fost folosite mai apoi în toate experiențele pentru detectarea directă a misterioasei particule.

Analizîndu-se interacțiunile posibile ale neutrinului cu materia, ca reactiv de cercetare a fost aleasă interacțiunea neutrinului cu protonul. Cînd un neutrino trece printr-o substanță oarecare și se ciocnește cu un proton, poate avea loc următoarea reacție :

$$\nu + p \rightarrow n + e^+,$$

adică prin interacțiunea dintre un neutrino și un proton ia naștere un neutron și un electron pozitiv. Dacă o asemenea reacție are loc, atunci, după apariția pozitronului, acesta se va anihila foarte repede cu un electron, dînd naștere la doi fotoni de raze gamma caracteristici, iar neutronul poate fi făcut ușor să reacționeze cu un anumit nucleu, provocînd o reacție nucleară cunoscută pe baza căreia să-i poată fi stabilită prezența.

Din punct de vedere energetic, reacția respectivă nu e posibilă decît dacă neutrinul posedă o anumită energie. Există un așa-zis prag energetic al reacției respective. Dacă

neutrinul are o energie sub acest prag, reacția nu poate avea loc, iar dacă energia lui are o valoare cu mult mai mare decît cea a pragului energetic, probabilitatea ca reacția să se producă scade foarte mult. Cînd neutrinul are o energie puțin mai mare decît pragul energetic al reacției, atunci încă e posibil ca el să parcurgă o distanță de mărimea razei Galaxiei noastre fără a fi absorbit de un proton.

Din cele de mai sus ne putem da lesne seama cam ce perspective de reușită aveau cei care-și puneau problema să detecteze totuși direct un neutrino cu ajutorul reacției dintre el și proton.

Mai merita oare măcar să te gîndești la detectarea acestui neutrino insesizabil? Nu poate decît să ne uimească îndrăzneala și perseverența oamenilor care n-au dat înapoi în fața acestei taine a naturii și care, bazați pe cunoștințele și priceperea lor, au ajuns la concluzia că merita nu numai să se gîndească, dar chiar să și captureze neutrino.

După eforturi perseverente, abia în 1956 doi fizicieni americani, Clyde Cowen și Frederic Reynes, reușesc în sfîrșit să realizeze o experiență cu ajutorul căreia neutrinul să poată fi detectat, evident indirect, confirmîndu-se astfel definitiv previziunea teoretică a existenței lui, existență în care, de fapt, credea de-acum toată lumea.

Efectuarea experienței care a confirmat existența neutrinului a constituit un succes deosebit al științei și tehnicii nucleare, posibil numai datorită realizărilor din ultimii ani în acest domeniu.

Prima problemă care s-a ridicat în fața experimentatorilor a fost aceea a locului unde trebuia căutat neutrino. Nu era recomandabil ca neutrino să fie căutat în razele cosmice. Era greu să consideri că „rezervația" din spațiul înconjurător, de miliarde de kilometri cubi, în care rătăcesc particulele neutrino, constituie un „teren" favorabil pentru vînătoarea de particule neutrino.

Cel mai nimerit era să se caute neutrino în reactorii nucleari. Dintr-un reactor nuclear ies nori întregi de neutrini. În fiecare secundă apar în el trilioane de neutrini ca urmare a fisiunii nucleelor. În fiecare secundă aceste particule sînt capturate de nuclee, formînd izotopi radioactivi.

Aceşti izotopi, suferind dezintegrări β, emit mulţimi de electroni în pereche cu complicii lor insesizabili, neutrinii.

Electronii rămîn în corpul reactorului şi în zidurile groase care îl protejează, în timp ce neutrinii trec prin aceste ziduri ca printr-un loc gol. Oamenii de ştiinţă au aşezat însă „capcane" pentru capturarea particulelor neutrino tocmai acolo.

A doua problemă a fost aceea a modului în care trebuie căutat neutrinul. Soluţia găsită era foarte ingenioasă : neutrinul trebuia readus în nucleu ! Desigur, nu în nucleul din care a plecat, ci în altul, aşezat în calea sa.

Cum apar neutrinii ? Neutronul din nucleu s-a dezintegrat într-un proton, un electron şi un neutrino. Dacă acum neutrino se ciocneşte cu un proton, dezintegrarea este „parcursă în sens invers" : apar un neutron şi un pozitron.

Dar mersul procesului invers este nespus de lent. Miliarde de miliarde de neutrini trec prin proton ca prin vid şi abia unul dintre ei „binevoieşte" să-l observe. Pe aceste considerente a şi fost constituit întregul plan de capturare a neutrinului.

Desfăşurarea experienţei este următoarea. Pozitronul care apare la capturarea neutrinului de către proton duce cu sine suficientă energie şi trebuie să ionizeze atomii întîlniţi în calea sa. Parcurgînd unul sau doi centimetri (pentru aceasta îi trebuie doar a suta miliarda parte dintr-o secundă), el îşi cheltuieşte energia cinetică şi se va uni cu primul frate „oglindit" (electron) ieşit în cale. Apare o pereche de fotoni γ.

Neutronul generat o dată cu pozitronul a fost „nedreptăţit" la împărţirea energiei şi se mişcă lent. El rătăceşte ciocnindu-se cu nucleele şi se mişcă tot mai lent. În final, îl „mănîncă" cine ştie ce nucleu, iar ca rezultat se emite o radiaţie radioactivă, de exemplu tot fotoni.

Aşa-numitul contor cu cristal, folosit la detectarea particulelor, reacţionează foarte activ la sosirea razelor γ şi, de aceea, cercetătorii au hotărît să-l folosească aici. Un cristal uriaş nu poate fi creat, dar cu cît volumul cristalului este mai mare, cu atît e mai bine, cu atît mai larg este spaţiul care poate fi cercetat cu ajutorul lui.

Oamenii de știință au hotărît să înlocuiască cristalul cu un lichid care posedă proprietăți asemănătoare. Au ales toluenul. Pentru a mări numărul protonilor care „reacționează" cu neutrinul, s-a mai turnat în rezervor un lichid bogat în hidrogen. Și, în sfîrșit, pentru a scurta timpul de rătăcire a neutronului nou-născut, s-a adăugat cadmiu în acest amestec, știut fiind că nucleele de cadmiu „înșfacă" neutronii cu o lăcomie nemaivăzută. Acum neutronul se plimbă liber doar cîteva milionimi de secundă.

Toate aceste lichide, curățate chiar și de cele mai mici impurități, au fost turnate într-un rezervor uriaș, de 15 metri cubi, curățat în prealabil și ai cărui pereți au fost acoperiți cu vopsea albă, pentru ca să nu absoarbă de loc lumina slabă a scintilațiilor toluenului.

Apoi s-a adăugat în lichid o substanță specială, care dădea scintilațiilor o culoare ce era reflectată cel mai bine de pereți. În sfîrșit, în pereții rezervorului au fost introduse cîteva sute din cei mai buni fotomultiplicatori electronici.

Toată această construcție a fost îngropată, cu mari precauții, în zidul protector al unuia dintre cei mai puternici reactori nucleari, lăsîndu-se afară doar cablurile de alimentare a fotomultiplicatorilor electronici și cablurile prin care se transmiteau semnalele de la ei.

Formarea unui pozitron producea aproape instantaneu o scintilație în lichid — întîi din cauza ionizării de către el a atomilor substanțelor din rezervor, iar apoi la anihilarea lui cu un electron. Aceste două scintilații se succedau rapid și, practic, se contopeau într-una singură. După milionimi de secundă, urma o a doua scintilație, produsă de cuantele γ emise de nucleul de cadmiu la capturarea neutronului rătăcitor.

Cercetătorii au început să numere aceste scintilații. Mai întîi de toate însă s-au asigurat de proveniența lor, pentru că, la urma urmei, o asemenea combinație de scintilații putea fi provocată de diverse cauze accidentale : de razele cosmice, de radioactivitatea reactorului aflat în repaus și de multe altele...

De aceea, înainte de a introduce rezervorul în zidul reactorului, savanții au efectuat o experiență îndelungată de control. Ați ghicit, desigur, că ei au numărat scintila-

ţiile de fond. Abia după aceea a început experienţa hotărîtoare, de lungă durată.

Scintilaţiile rare produse de reactorul aflat în funcţiune se strîng încet : prima, a doua, a treia... Abia după un timp îndelungat devine limpede că numărul scintilaţiilor din rezervor în reactorul aflat în funcţiune depăşeşte cu puţin numărul lor din experienţa de control, şi anume cu vreo trei scintilaţii în plus pe oră.

Acest „cu puţin" este însă cert. El iese din limitele erorilor experienţei. Singura lui cauză nu poate fi decît existenţa particulei neutrino.

Neutrinul cu două feţe !

Am văzut mai sus că presupunerea fizicienilor teoreticieni de acum peste trei decenii cu privire la existenţa particulei neutrino a fost confirmată pe cale experimentală acum zece ani. Între timp a fost descoperită şi antiparticula neutrinului, adică *antineutrinul.* Mai mult, s-a constatat că ceea ce detectaseră Cowen şi Reynes n-a fost de fapt neutrino, ...ci antineutrino, imaginea reflectată în oglindă a particulei neutrino.

Au fost din nou studiate proprietăţile neutrinului şi antineutrinului, confirmîndu-se încă o dată prevederile teoretice.

Dar lucrurile nu s-au oprit aici. În 1951 fizicianul italian Bruno Pontecorvo a emis la Dubna ipoteza existenţei unor *neutrini miuonici* (asociaţi mezonilor μ), diferiţi de *neutrinii electronici,* care intervin în dezintegrarea mezonilor mai rapizi, produşi de marii acceleratori.

Cercetările au arătat, într-adevăr, că acei neutrini care apar împreună cu mezonul μ la dezintegrarea mezonului π şi aceia care apar împreună cu electronul la dezintegrarea mezonului μ sînt neutrini diferiţi !

Această ipoteză a fost confirmată în 1962 prin experienţa efectuată la acceleratorul de 30 000 MeV de la Brookhaven şi iată cum s-a făcut experienţa respectivă.

Un fascicul puternic de mezoni π a putut să se dezintegreze în mezoni μ, iar aceştia, la rîndul lor, în neutrino. După aceea, invizibilii şi insesizabilii neutrini liberi au

început să-şi caute victime printre protoni şi neutroni, aşa cum s-a întîmplat şi în experienţa efectuată de Reynes şi Cowen. Dacă neutrinul „miuonic" şi neutrinul „electronic" ar fi fost identici, atunci la ciocnirea lor cu protoni şi neutroni ar fi trebuit să ia naştere atît electroni cît şi mezoni μ.

Era vorba de evenimentele rare, orice s-ar spune. De aceea, şi experienţa a durat multe săptămîni. După mii de filme examinate, fizicienii s-au convins că se nasc numai mezoni μ! Nici pomeneală de electroni!

Neutrinii — mesageri din univers

La un moment dat, astrofizicienii, cercetători ai lumilor stelare nemărginite, au început să acorde mult interes particulei neutrino. Era şi explicabil, deoarece s-au gîndit că neutrinii le pot furniza informaţii pe care nu le-ar putea obţine pe alte căi.

Într-adevăr, cu ajutorul fotonilor, astronomii au aflat multe despre îndepărtatele lumi stelare din adîncurile nebuloasei gigantice, au văzut galaxii ciocnindu-se, stele explodînd, nori uriaşi de praf cosmic şi de gaze. Lumina i-a ajutat să pătrundă în nemărginirile cosmice, să găsească acolo reacţiile termonucleare — cel mai mare izvor de lumină şi de căldură din natură. Fotonul a servit şi va mai servi încă mult astronomiei. Dar serviciile sale au devenit astăzi insuficiente.

Astrofizicienii simt nevoia unor „sonde" care să străbată nestingherite substanţa densă din interiorul stelelor — lucru pe care nu-l poate face lumina —, să parcurgă distanţe colosale fără a putea fi oprite de vreun obstacol, să poarte eventual mesaje din antilumi, acolo unde fotonul rămîne indiferent.

Astfel de „sonde" pot fi enigmaticii neutrini şi antineutrini.

Astăzi fotonul are într-adevăr un ajutor ager — pe insesizabilul neutrino, care poate pătrunde prin orice obstacole. Neutrinul şi antineutrinul se nasc în roiuri în străfundurile stelelor şi trec fără greutate de acolo în spaţiul interstelar. Tocmai ei trebuie să ne vorbească despre casa lor natală.

Lumile trimit în toate direcţiile roiuri dese de neutrini, iar antilumile — stoluri tot atît de numeroase de antineutrini. Aceste particule se pot distinge. Tocmai ele ne vor spune ce fel de antilumi există şi unde se află acestea, modul cum pozitronii se rotesc acolo în jurul nucleelor formate din antiprotoni şi antineutroni, cum antiatomii şi antimoleculele se adună acolo formînd antivieţuitoare şi, poate, chiar antioameni !

Neutrinul devine o sondă a universului ! Astfel, potrivit unei vechi păreri, se întîlnesc macrocosmosul şi microcosmosul !

Neutrino ne poate vorbi şi despre o altă minune a universului — anume despre stelele neutronice, despre a cincea stare a substanţei, cum a denumit-o fizicianul sovietic Lev Landau.

Experienţe hotărîtoare se vor putea efectua atunci cînd se va naşte astronomia neutrinică, cînd aceasta va învăţa nu numai să capteze fluxurile puternice de neutrino, ci şi să le măsoare energia.

Cînd se va aprinde undeva o stea ultrastrălucitoare, telescoapele obişnuite şi cele neutrinice îşi vor dirija imediat obiectivele spre ea.

La trecerea substanţei în stare neutronică se formează un nor întreg de neutrini. Neutrinii vor porni în zbor împreună cu fotonii, vor sosi pe Pămînt în aceeaşi zi şi la aceeaşi oră, iar aparatele vor spune : fluxul de fotoni şi de neutrini a crescut deopotrivă în cutare porţiune a cerului. La aceasta nu poate exista decît un singur răspuns : o substanţă stelară a trecut în starea „a cincea"...

WOLFGANG PAULI (1900—1958)

Unul dintre marii fizicieni teoreticieni ai timpurilor noastre, Wolfgang Pauli, s-a născut la Viena în 1900.

Încă în 1927 Pauli era profesor la Institutul politehnic din Zürich, pentru ca apoi să-şi continue activitatea didactică şi ştiinţifică la Universitatea Princeton din Statele Unite ale Americii.

Lumile trimit în toate direcţiile roiuri dese de neutrini, iar antilumile — stoluri tot atît de numeroase de antineutrini. Aceste particule se pot distinge. Tocmai ele ne vor spune ce fel de antilumi există şi unde se află acestea, modul cum pozitronii se rotesc acolo în jurul nucleelor formate din antiprotoni şi antineutroni, cum antiatomii şi antimoleculele se adună acolo formînd antivieţuitoare şi, poate, chiar antioameni !

Neutrinul devine o sondă a universului ! Astfel, potrivit unei vechi păreri, se întîlnesc macrocosmosul şi microcosmosul !

Neutrino ne poate vorbi şi despre o altă minune a universului — anume despre stelele neutronice, despre a cincea stare a substanţei, cum a denumit-o fizicianul sovietic Lev Landau.

Experienţe hotărîtoare se vor putea efectua atunci cînd se va naşte astronomia neutrinică, cînd aceasta va învăţa nu numai să capteze fluxurile puternice de neutrino, ci şi să le măsoare energia.

Cînd se va aprinde undeva o stea ultrastrălucitoare, telescoapele obişnuite şi cele neutrinice îşi vor dirija imediat obiectivele spre ea.

La trecerea substanţei în stare neutronică se formează un nor întreg de neutrini. Neutrinii vor porni în zbor împreună cu fotonii, vor sosi pe Pămînt în aceeaşi zi şi la aceeaşi oră, iar aparatele vor spune : fluxul de fotoni şi de neutrini a crescut deopotrivă în cutare porţiune a cerului. La aceasta nu poate exista decît un singur răspuns : o substanţă stelară a trecut în starea „a cincea"...

WOLFGANG PAULI (1900—1958)

Unul dintre marii fizicieni teoreticieni ai timpurilor noastre, Wolfgang Pauli, s-a născut la Viena în 1900.

Încă în 1927 Pauli era profesor la Institutul politehnic din Zürich, pentru ca apoi să-şi continue activitatea didactică şi ştiinţifică la Universitatea Princeton din Statele Unite ale Americii.

Paralel cu activitatea didactică, el a desfășurat o prodigioasă muncă științifică, principalele sale lucrări fiind dedicate mecanicii cuantice și teoriei cuantice a cîmpurilor de unde.

În 1925 — la numai 25 de ani —, pentru explicarea structurii învelișurilor electronice ale atomilor, Pauli a formulat unul dintre cele mai importante principii ale fizicii teoretice contemporane, așa-numitul *principiu al excluziunii* (care a primit ulterior chiar numele descoperitorului său — principiul lui Pauli). Acest principiu a fost stabilit de Pauli ca rezultat al studierii legităților sistemului periodic al elementelor al lui Mendeleev, pe baza teoriei cuantice a lui Niels Bohr. El permite înțelegerea proprietăților sistemelor atomice și explică distribuția elementelor în sistemul periodic al elementelor.

În lucrările sale ulterioare, Pauli a dat o generalizare largă acestui principiu, fundamentînd și stabilind valabilitatea sa pentru orice particulă cu spin întreg.

Cîțiva ani mai tîrziu, în legătură cu necesitatea explicării fenomenelor din cadrul dezagregării β (beta), Pauli a emis ipoteza existenței unei particule elementare neutre cu masa de repaus mult mai mică decît masa electronului (probabil nulă) și cu spinul semiîntreg. Cu ajutorul existenței acestei particule, denumită neutrino, Pauli explica aparenta abatere de la legile de conservare a energiei și momentului cinetic în dezagregarea β.

Tot lui Pauli îi aparține explicarea paramagnetismului gazului electronic în metale ; el a elaborat și teoria spinului electronului, precum și o serie întreagă de studii importante asupra problemelor generale ale teoriei cuantice a cîmpurilor de unde și asupra teoriei mezonice a forțelor nucleare.

Wolfgang Pauli a mai elaborat studii și asupra altor probleme importante ale fizicii teoretice contemporane.

Principalele sale lucrări sînt : „Teoria relativității", „Principiile generale ale mecanicii ondulatorii", „Teoria mezonică a forțelor nucleare", „Teoria relativistă a particulelor elementare".

Ca o încununare a prodigioasei sale munci științifice, în 1945 lui Wolfgang Pauli i se atribuie prestigiosul Premiu Nobel.

Wolfgang Pauli a încetat din viață în 1958, în plină activitate creatoare, lăsînd în urma sa, după o perioadă relativ scurtă de activitate științifică — circa două decenii —, o contribuție importantă la pasul uriaș pe care l-a înfăptuit fizica contemporană.

■

ALEXANDRU PROCA (1897—1955)

Născut în 1897, marele fizician român Alexandru Proca și-a adus prin lucrările sale o însemnată contribuție la deschiderea drumului spre studiul cîmpurilor nucleare.

Savant de renume, Alexandru Proca, cel care în același timp cu japonezul Yukawa, dar cu totul independent de acesta avea să pună bazele studiilor actuale ale forțelor nucleare, a fost unul

dintre eminenții elevi ai Liceului „Gheorghe Lazăr" din București, pe care l-a absolvit în 1916.

După terminarea războiului, atras de științele exacte, de fenomenele noi pe care fizica, electricitatea începeau să le dezvăluie, Alexandru Proca se înscrie la Școala politehnică, secția electromecanică. Student eminent, dovedind încă de pe băncile facultății deosebite calități, care lăsau să se întrevadă încă de pe atunci pe viitorul savant, în 1923 Proca își încheie studiile în mod strălucit ca șef de promoție.

Această puternică vocație spre studiu, spre cercetare științifică nu avea să se dezmintă, Proca manifestîndu-se mai tîrziu ca un adevărat om de știință remarcabil, înzestrat cu excepționale capacități de cercetător.

Remarcat de profesorii săi ca un real talent, Proca este numit imediat după terminarea studiilor asistent la Școala politehnică și, în același timp, este angajat ca inginer al societății „Electrica" din Cîmpina. Animat de un profund patriotism, îmbinat cu pasiunea pentru progresul științei și tehnicii, Proca luptă pentru electrificarea regiunii Cîmpina și a industriei petroliere în general. El acordă o mare însemnătate folosirii energiei electrice atît în industrie cît și în viața cotidiană, dîndu-și seama că în condițiile tehnicii moderne fără electrificare nu este posibilă dezvoltarea economică. Acest element nou, spunea Proca, utilizabil la ameliorarea condițiilor de trai ale omenirii, capătă o importanță cu atît mai considerabilă, cu cît adaptarea lui la acest scop e mai rapidă, mai completă, mai uniformă.

Pentru a-și întregi cunoștințele, Alexandru Proca pleacă la Paris, unde, luînd contact direct cu realizările marilor fizicieni francezi, este cucerit definitiv de perspectivele pe care le vedea deschizîndu-se în fața fizicii nucleare. Redevine student, își ia licența în fizică la Sorbona și, hotărît să-și închine viața muncii de cercetare în acest domeniu de avangardă al științei, ajunge în curînd colaboratorul lui Langevin, Marie Curie, Jean Perrin și al altor mari fizicieni. După ce își ia doctoratul în fizică, se statornicește la Institutul H. Poincaré, unde lucrează în laboratorul lui Louis de Broglie. Pe baza unei serii de cercetări fundamentale, el elaborează numeroase lucrări de fizică teoretică în domeniile particulelor elementare, mecanicii cuantice, radioactivității, fizicii relativiste etc. Cercetările sale asupra teoriei cuantice a fotonului, asupra momentului magnetic al electronului duc, în ultimă instanță, la descoperirea teoretică (independent de Yukawa) a existenței unor noi particule elementare — mezonii. Cercetătorii japonezi, ale căror lucrări în acest domeniu sînt capitale, l-au invitat pe Proca pentru a ține o serie de conferințe asupra mezonilor. În 1931, pe lîngă activitatea științifică pe care o desfășura, lucra și în redacția revistei „Annales de l'Institut Henri Poincaré", în care de altfel, animat de un sentiment de mîndrie patriotică, publică o serie de conferințe ale matematicianului român S. Stoilov și ale altor tineri savanți români.

În decembrie 1955, în plină putere de creație, Alexandru Proca încetează din viață la Paris, în urma unei boli grele.

Tradiţiile şi realizările actuale ale şcolii româneşti de chimie

Prof. univ.
VICTOR E. SAHINI
membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România

Obiectul chimiei, ştiinţa despre substanţe şi transformările lor, a făcut ca dezvoltarea acesteia să aibă un caracter deosebit de evoluţia altor ramuri ale ştiinţelor naturii. Înainte ca cercetarea ştiinţifică să fi condus la descifrarea tainelor transformărilor materiei şi de a se fi cunoscut legile după care au loc diferitele fenomene chimice, a luat fiinţă şi într-o oarecare măsură s-a dezvoltat practica chimică. Nevoile vieţii au obligat continuu pe oameni să urmărească obţinerea diferitelor bunuri de care aveau nevoie şi, de aceea, o sumă de activităţi, ca metalurgia, olăritul, tăbăcăria, sticlăria etc., s-au dezvoltat încă din cele mai vechi timpuri.

Descoperirile arheologice făcute pe teritoriul României atestă măiestria atinsă într-unele dintre aceste ramuri ale activităţii practice, şi numai dificultăţile provocate de condiţiile grele ale vieţii în vremuri de nesiguranţă şi nestabilitate politică au împiedicat ca secole în şir aceste începuturi să cunoască mai de vreme fructificarea la care se ajunsese în alte ţări.

În cele ce urmează ne vom referi doar la tradiţiile şcolii româneşti de chimie, vizînd dezvoltarea modernă a

acesteia, în strînsă legătură cu activitatea de învățămînt superior și cu cea profesională, în ramura tehnologiei chimiei. Dar, înainte de aceasta, trebuie amintite unele fapte capabile să ilustreze poziția chimiei în ansamblul culturii materiale și spirituale a României din trecut. Astfel, diferite meșteșuguri au cunoscut o remarcabilă dezvoltare pe teritoriul țării noastre încă din secolele XIV—XV, dezvoltîndu-se ulterior manufacturi și apoi, în secolul al XIX-lea, unele industrii, însă la o scară redusă și dispunînd de o tehnologie și bază tehnică relativ puțin avansate în raport cu cele similare din alte țări. Este important însă de amintit că în 1856 s-a înființat la Ploiești una din primele rafinării din lume, iar Bucureștiul a fost primul oraș din lume luminat cu petrol.

Primele date teoretice asupra chimiei se găsesc în scrierile savantului domnitor al Moldovei Dimitrie Cantemir, care, la începutul secolului al XVIII-lea, expune în cîteva lucrări ideile alchimistului olandez Van Helmont. La peste un secol, Societatea medicilor și naturaliștilor, înființată la Iași în 1831, își propune să urmărească între altele și probleme privitoare la compoziția unor minerale din țară. Cîteva studii în acest sens, de altfel primele lucrări științifice originale în domeniul chimiei, au fost publicate în 1834 în „Albina românească". Printre membrii străini ai acestei societăți pot fi citați și marii chimiști Gmelin și Berzelius.

Apariția și dezvoltarea școlii românești de chimie are loc în secolul al XIX-lea, în cadrul învățămîntului superior. Bazele ei sînt puse la Academia mihăileană din Iași. În continuare sînt create catedre de specialitate la Școala superioară de medicină și farmacie (1855) din București, precum și la universitățile înființate la Iași (1860) și București (1864). Epoca de organizare a învățămîntului superior în această disciplină a cerut o muncă încordată, mai ales dacă se are în vedere puținul sprijin acordat de oficialitățile vremii și faptul că se pornea de la un nivel foarte modest. De aceea, profesori ca Ștefan Micle, Alexe Marin, Carol Davilla s-au ocupat mai ales de organizarea laboratoarelor și au depus o asiduuă muncă didactică. Activitatea acestor deschizători de drumuri în chimia româ-

nească are o deosebită valoare și constituie un exemplu luminos. Să ne oprim puțin asupra lor.

Învingînd numeroase dificultăți, transilvăneanul Ștefan Micle (1820—1879), participant alături de Avram Iancu la revoluția din 1848, a studiat la Politehnica din Viena și, după patru ani de predare a fizicii și chimiei la liceul din Iași, este numit în 1860 profesor la universitatea nou înființată ; un timp asigură și conducerea ei ca rector. A organizat primul laborator universitar de chimie și, prin conferințele publice ținute, a contribuit mult la răspîndirea cunoștințelor de fizică și chimie.

Alexe Marin (1814—1895) a studiat în Franța, avînd ca profesori pe unii dintre cei mai renumiți savanți ai vremii : Gay Lussac, Fremy, Pouillet ș.a. După o perioadă de predare la diferite școli din București, este numit în 1868 profesor la Facultatea de științe a universității, un timp fiind și decanul acestei facultăți. Pe lîngă o valoroasă activitate organizatorică și didactică, Alexe Marin a tradus și publicat în limba română primele cărți de fizică și chimie — fizica lui Pouillet în 1852 și chimia lui Pelouze și Fremy în 1853, ambele tipărite cu litere cirilice.

Francez de origine, doctorul Carol Davilla (1828—1884) s-a identificat cu aspirațiile poporului român, contribuind cu toate forțele la ridicarea și consolidarea unor însemnate instituții de cultură. A întemeiat Școala superioară de medicină, farmacie și medicină veterinară din București, unde a ținut cursul de chimie, a organizat serviciul sanitar, a prezentat — prin numeroase conferințe publice — probleme importante ale acestei discipline.

Acestor înaintași le-a urmat o pleiadă de renumiți cercetători si pedagogi, care au pus bazele cercetării științifice în domeniul chimiei. Dintre aceștia s-au detașat Petru Poni la Universitatea din Iași și Constantin Istrati la cea din București, ambii ocupîndu-se, pe lîngă alte cercetări originale, și de analiza bogățiilor minerale ale țării.

După efectuarea studiilor la Universitatea din Iași și din Paris, Petru Poni (1841—1925) a funcționat ca profesor

la Liceul național și apoi la Școala militară din Iași pînă în 1870, cînd a ocupat prin concurs catedra de chimie a universității, devenită vacantă prin retragerea lui Ștefan Micle. La această catedră a funcționat vreme de 33 de ani, fiind între timp de trei ori ministru al instrucțiunii.

A desfășurat o activitate rodnică și multilaterală, ca profesor, organizator și cercetător, iar măsurile luate în calitate de ministru, inspirate de un profund patriotism, au evidențiat o personalitate progresistă, dornică de a îmbunătăți situația țăranilor prin ridicarea lor culturală. A publicat o serie de lucrări de chimie și de fizică pentru uz didactic, a organizat învățămîntul chimiei în universitatea ieșeană, pentru a fi cît mai aproape de ceea ce reprezenta stadiul cel mai avansat în acel timp, a urmărit cu toată energia ca pregătirea studenților să fie pe deplin satisfăcătoare. Activitatea sa științifică a fost axată pe studiul bogățiilor minerale ale țării, analizînd cu minuțiozitate și demonstrînd astfel valoarea ridicată a unor ape minerale, a mineralelor din masivul cristalin de la Broșteni, a petrolului. A luat parte activă la viața științifică și culturală a țării, fiind ales în 1889 membru al Academiei Române și apoi președinte al acestui înalt for de cultură. De asemenea, a fost ales membru al Societății naturaliștilor din Moscova și distins cu diferite ordine.

Constantin Istrati (1850—1918) a urmat atît cursurile Școlii superioare de medicină, cît și pe cele ale Facultății de științe din București. Obține doctoratul în medicină și ia parte ca medic la campania din 1877 a războiului de independență, apoi continuă studiile de chimie la Paris, obținînd titlul de doctor în chimie cu o teză lucrată sub îndrumarea renumitului chimist francez Friedel. La înapoierea în țară este numit profesor la Facultatea de medicină în locul doctorului Davilla, apoi ocupă prin concurs, în 1887, catedra nou înființată de chimie organică de la Facultatea de științe a Universității din București. Ca și colegul său ieșean, dr. Istrati a desfășurat o largă activitate publică, deținînd unele demnități, cum au fost cele de inspector general al învățămîntului, secretar general al Ministerului Instrucțiunii și ministru la mai multe departamente. A fost ales membru și un timp președinte al

Academiei Române ; a primit diferite distincţii din ţară şi străinătate. Activitatea sa didactică şi ştiinţifică a avut un rol deosebit în formarea unei întregi generaţii de chimişti. A studiat derivaţii halogenaţi ai hidrocarburilor aromatice, a descoperit o nouă clasă de coloranţi, denumiţi franceine, a izolat o substanţă din plută denumită friedelină. S-a ocupat îndeaproape de studiul unor bogăţii ale ţării : sarea, petrolul, chihlimbarul, ozocherita, produsele alimentare. A fost o mare personalitate a culturii româneşti, animator şi organizator a numeroase manifestări ştiinţifice şi tehnice, totodată foarte atent la implicaţiile economice ale rezultatelor ştiinţifice.

Cu studiul diferitelor avuţii ale ţării s-a ocupat îndeaproape dr. Alfred Heinrich Bernath Lendvay (1835—1924), conferenţiar de chimie analitică la Şcoala superioară de medicină şi organizator al primelor laboratoare de chimie analitică din Bucureşti, destinate analizelor de control a diferitelor bunuri, expertizelor, analizelor medicale şi controlului medicamentelor.

În rîndul acestor pionieri ai cercetării ştiinţifice, trebuie citat şi Nicolae Teclu, a cărui activitate însă s-a desfăşurat la Viena. După studii de inginerie, arte frumoase şi arhitectură, Nicolae Teclu (1839—1916) a urmat chimia la Viena. A făcut două tentative de a lucra în România, mai întîi ca arhitect, apoi ca chimist, însă indiferenţa autorităţilor l-a făcut să se reîntoarcă la Viena, unde a intrat în învăţămîntul superior, ajungînd profesor de chimie la Academia comercială şi avînd totodată şi alte funcţii în calitate de chimist. Lucrările sale ştiinţifice i-au adus o largă recunoaştere ca specialist în probleme referitoare la combustie, fiind printre altele inventatorul unui bec de laborator care îi poartă numele. S-a mai ocupat de probleme privitoare la coloranţi şi producţia hîrtiei. A fost ales membru al Academiei Române.

În anii următori, prin lucrările şi întreaga lor activitate, şi-au adus contribuţia la progresul chimiei mai multe personalităţi, între care amintim pe A. Obregia, G. G. Longinescu, P. Bogdan, N. Costăchescu, Şt. Minovici, care au dezvoltat importante centre de chimie în universităţile unde profesau. În această epocă se trec primele doctorate

în chimie (N. Costăchescu în 1902 cu o teză condusă de P. Poni), se întemeiază societăți științifice, apar periodice menite să facă cunoscute rezultatele cercetărilor efectuate în România și reviste având drept scop informarea publicului larg asupra problemelor și realizărilor chimiei, au loc la noi în țară primele congrese naționale și internaționale de chimie. În această perioadă, mai cu seamă după primul război, se înfiripă un început modest de industrie chimică, însă îndemnul multora dintre chimiștii vremii de a lărgi și dezvolta industria chimică și petrolieră, bazată pe bogățiile naționale, nu găsește ecou la oficialitățile vremii.

Atanase Obregia (1864—1937) a studiat chimia la Iași și la Zürich, apoi a ocupat postul nou creat de profesor de chimie organică la Universitatea din Iași și a organizat primul laborator de chimie organică al acestei universități. A cercetat numeroase probleme din domeniul chimiei compușilor aromatici și a petrolului, domeniu de care s-a preocupat îndeaproape nu numai prin lucrările efectuate, ci și prin inițierea predării cursului de tehnologia petrolului (1903) și apoi a celui de chimie tehnologică (1921), fiind primul profesor la această catedră.

Nicolae Costăchescu (1876—1939) a urmat lui Petru Poni la catedra de chimie anorganică a Universității din Iași. Este inițiatorul studiilor de chimia combinațiilor complexe la noi în țară, domeniu în care se pregătise la Zürich în laboratorul lui Alfred Werner.

Petre Bogdan (1873—1944) a studiat la Universitatea din Iași și s-a specializat în Germania în domeniul chimiei fizice lucrînd în laboratorul lui H. Jahn. În 1915 ocupă prima catedră de chimie fizică creată la noi în țară la Universitatea din Iași. A desfășurat o multilaterală activitate didactică, științifică, organizatorică și culturală, ca profesor, decan și rector, autor de cursuri și manuale, neîntrecut conferențiar. În cercetările sale științifice a abordat numeroase probleme de chimie fizică din domeniul electrochimiei, teoriei stării lichide și a soluțiilor de electroliți, termodinamicii chimice etc., obținînd rezultate a căror valoare a fost apreciată în țară și peste hotare. Per-

sonalitate cu vederi democratice, a avut o poziție fermă față de manifestările retrograde.

Gheorghe Longinescu (1869—1939) a obținut licența în științe la București și doctoratul în chimie în Germania, lucrînd în laboratorul lui Emil Fischer. A predat timp de peste 30 de ani chimia anorganică la Universitatea din București și, cu toate că suferea de o boală de ochi care în ultimii ani ai vieții l-a lipsit de vedere, lecțiile sale constituiau adevărate exemple prin calitățile lor. Totodată, a desfășurat o largă activitate de popularizare a științei, fiind unul dintre întemeietorii revistei „Natura". Activitatea științifică l-a condus către probleme de chimie fizică și chimie analitică. Este autorul unei formule care permite calculul gradului de asociație și al greutății moleculare a lichidelor pure, precum și a numeroase metode de analiză chimică calitativă și cantitativă.

Ștefan Minovici (1867—1935) a urmat cursurile Facultății de științe din București și a luat doctoratul la Berlin, lucrînd în laboratorul lui Emil Fischer. A fost mai întîi profesor la Facultatea de farmacie, organizată ca atare datorită străduaniilor sale, urmînd apoi doctorului Istrati la catedra de chimie organică a Universității din București. Activitatea sa științifică, recunoscută și peste hotare, s-a desfășurat în domeniul chimiei analitice, biologice și toxicologice. A avut un rol însemnat în crearea și dezvoltarea Societății de chimie din România, în publicarea buletinului acesteia și în organizarea a patru congrese de chimie.

În afara chimiștilor a căror activitate am amintit-o sumar mai înainte, numeroși alții și-au adus contribuția lor valoroasă la dezvoltarea diferitelor ramuri ale acestei discipline. Astfel vom cita pe Adrian Ostrogovici, fost profesor de chimie generală la Universitatea din Cluj, pe Dan Rădulescu, profesor de chimie fizică la aceeași universitate și autor a importante lucrări de spectroscopie moleculară, pe Alexandru Zaharia, care a înființat Institutul de chimie agricolă și alimentară din București și a efectuat numeroase studii asupra compoziției chimice a cerealelor românești și asupra industriei fermentative, pe Nicolae Dănăilă și pe Haralamb Vasiliu, care au înființat, primul

învățământul chimiei tehnologice la Universitatea din București, cel de-al doilea pe cel de chimie agricolă la Universitatea din Iași. Contribuția acestora la dezvoltarea învățământului chimiei aplicate este la fel de însemnată ca și rezultatele activității lor științifice. N. Dănăilă a cercetat îndeaproape petrolul și cărbunii din țara noastră, iar H. Vasiliu a urmărit diverse probleme privind nutriția și chimia agricolă, metabolismul substanțelor proteice etc. D. Konia și Em. Riegler au fost primii specialiști în chimia medicală la Universitatea din Iași, iar Cristea Niculescu-Otin, succesorul lui At. Obregia la catedra de chimie tehnologică, este cel care a contribuit la înființarea a ceea ce este astăzi Institutul politehnic din Iași, al cărui rector a și fost. Gabriela Chaborschi, colaboratoare a prof. Longinescu, a efectuat cercetări în domeniul chimiei fizice, iar Lazăr Edeleanu, fost asistent al dr. Istrati, a obținut realizări deosebite în chimia petrolului, punînd la punct între altele un procedeu de rafinare cu bioxid de sulf lichid, care a cunoscut o largă răspîndire. La Școala națională de poduri și șosele din București a fost profesor Alfons Oscar Saligny, iar Emil Severin și N. D. Costeanu au ilustrat cu cinste catedre de chimie organică și anorganică. Nic. Maxim a predat cursurile de chimie organică și chimie fizică la Universitatea din București, ocupînd apoi catedra de chimie a Academiei comerciale din aceeași localitate și asigurînd un timp, ca rector, conducerea acestui for de învățămînt superior.

Activitatea științifică era în foarte mică măsură încurajată în perioada la care ne-am referit mai înainte, ceea ce explică de ce au fost necesare eforturi deosebite pentru orice realizare. Gh. Longinescu scria : „Nimeni nu ajută știința la noi. Banul e risipit în toate felurile, pentru orice, numai pentru știința preacurată nu se dă nimic". Am considerat important să fie subliniată totodată îmbinarea activității științifice cu cea, deosebit de valoroasă, de pregătire a cadrelor de specialitate desfășurată de acești reprezentanți de seamă ai școlii românești de chimie. Dacă prima a reprezentat o contribuție meritorie la patrimoniul științei și la cunoașterea avuțiilor naționale ale României, cea de a doua a asigurat, datorită entuziasmului

și abnegației proprii activității didactice creatoare, necesarul de specialiști care, în noi condiții istorice, au reușit să ridice industria noastră chimică la nivelul actual.

De-abia în anii de după 23 August 1944, în noile condiții create de regimul de democrație populară, dezvoltarea atît a învățămîntului superior și a unei largi rețele de cercetare științifică de toate tipurile, cît și a unei importante industrii chimice avînd o pondere însemnată în economia țării au făcut ca cercetarea în domeniul chimiei să capete amploare și finalitate. Aceasta a devenit preocuparea unui grup larg de chimiști, avînd cele mai multe din problemele de studiu în strînsă legătură cu cerințele industriei. De asemenea, sub aspectul cercetării fundamentale s-au abordat unele dintre problemele de mare actualitate științifică pe plan național și internațional. Printre chimiștii români care și-au adus direct contribuția în această perioadă la dezvoltarea școlii românești de chimie vom aminti pe academicienii Gh. Spacu, R. Cernătescu, I. Tănăsescu și C. V. Gheorghiu.

Lucrările lui Gh. Spacu (1883—1955) și ale numeroșilor săi elevi constituie o contribuție de valoare recunoscută pe plan mondial în domeniul chimiei combinațiilor complexe și a celei analitice, iar unele probleme cu aspect aplicativ pe care le-a abordat au condus la importante rezultate de ordin tehnologic. Membru corespondent (1927) și apoi titular (1935) al Academiei Române, Gh. Spacu a fost ales membru al Academiei R.P.R. la înființarea acesteia ; a fost, de asemenea, ales membru de onoare al Academiei Italiene, al aceleia din Geneva, al societăților de chimie din Washington, Paris, Viena și Berlin.

Radu Cernătescu (1894—1958) a desfășurat o multilaterală activitate științifică, ocupîndu-se de numeroase probleme din domeniul chimiei fizice, analitice și anorganice. A avut, de asemenea, un rol deosebit în organizarea și promovarea cercetării științifice la Iași, fiind ales membru titular al Academiei R.P.R. în 1948 și președinte al filialei Iași a Academiei. Atașat ideilor clasei muncitoare, și-a manifestat în toate împrejurările cu curaj convingerile democratice.

I. Tănăsescu (1892—1959) a cercetat numeroase probleme din domeniul chimiei organice, contribuind cu valoroase rezultate la elucidarea unor aspecte complicate ale acestora. A fost ales membru titular al Academiei R.P.R.

C. V. Gheorghiu (1894—1956), specialist renumit în domeniul chimiei organice și chimioterapiei, este autorul unor însemnate contribuții și lucrări științifice. A fost ales membru corespondent al Academiei R.P.R. și membru al societăților de chimie din Franța și Germania.

În anii socialismului industria chimică românească a cunoscut un avînt considerabil, ilustrat nu numai de date statistice semnificative, ci și de faptul că ea se găsește, din punct de vedere tehnic, la nivelul celor mai actuale procedee utilizate în lume, tehnologia și ingineria chimică avînd ca punct de pornire în numeroase ramuri standardul cel mai avansat la care s-a ajuns. O dezvoltare corespunzătoare a cunoscut și cercetarea științifică desfășurată în instituțiile de învățămînt superior, în institutele și centrele Academiei R. S. România, în institutele departamentale și în laboratoarele marilor combinate, corespunzînd diferitelor aspecte pe care le îmbracă cercetarea — fundamentală, aplicativă și de dezvoltare — și a căror combinare armonioasă constituie premisa dezvoltării ulterioare a chimiei și industriei chimice din România.

Cercetarea fundamentală se desfășoară în institutele de cercetări ale Academiei R. S. România și în numeroasele laboratoare ale catedrelor din universități și alte institute de învățămînt superior. În cadrul secției de chimie a Academiei R. S. România există 6 unități de cercetare — centrele de chimie anorganică, organică și chimie fizică din București, Institutul de chimie din Cluj, Institutul de chimie macromoleculară „P. Poni" din Iași și Centrul de chimie din Timișoara.

Principalele probleme studiate în cadrul Centrului de chimie anorganică (condus de acad. C. Drăgulescu) privesc chimia combinațiilor coordinative, a metalelor lantanide și a silicaților, iar cele efectuate în cadrul Centrului de chimie organică (condus de acad. C. D. Nenițescu) se referă la proprietățile chimice ale hidrocarburilor alifatice și alchilice, a hidrocarburilor nesaturate, aromatice și pseudo-

aromatice, la mecanismele de reacție și cataliză în chimia organică, precum și la coloizii organici. În laboratoarele Centrului de chimie fizică (condus de acad. I. G. Murgulescu) se urmăresc probleme privitoare la teoria legăturii chimice și structura moleculară, la chimia fizică a fluidelor, cinetica chimică și cataliza, procese de electrod și coroziune, precum și la fizico-chimia macromoleculelor.

La Institutul de chimie din Cluj (condus de acad. Raluca Ripan) se cercetează probleme din domeniul chimiei anorganice (combinații complexe, metale rare, combinațiile elementelor actinide), precum și din cel al chimiei organice (privind combinațiile heterociclice, steroide, fosfororganice și alcaloizi).

Preocupările cercetătorilor de la Institutul de chimie macromoleculară „P. Poni" din Iași (condus de acad. C. Simionescu) se îndreaptă atît către studiul monomerilor aciclici, izociclici și heterociclici, cît și a compușilor macromoleculari anorganici, organometalici și organici, urmărindu-se macromoleculele naturale (celuloză, proteine) și sintetice, fibre (artificiale și sintetice), polimeri bioactivi, structura polimerilor și cinetica reacțiilor de polimerizare și policondensare.

În cadrul Centrului de chimie din Timișoara se studiază probleme din domeniul chimiei anorganice (compuși chelatici și policationi), al celei organice (funcții compuse azotate și coloranți) și fizice (structura și reactivitatea compușilor chimici).

Activitatea de cercetare științifică desfășurată în cadrul catedrelor universitare reprezintă o paletă foarte variată, prin natura sa învățămîntul avînd de răspuns la nevoile de specialiști în foarte diferite domenii, corespunzător cerințelor economiei și culturii naționale. De aceea, în cadrul acestor unități de învățămînt superior se desfășoară o multiplă și complexă activitate de cercetare științifică, factor însemnat nu numai pentru că asigură o înaltă ținută prelegerilor universitare, dar care constituie totodată un valoros potențial științific, cu cadre capabile să abordeze și să rezolve creator o gamă variată de probleme.

O importantă activitate de cercetare desfășurată în nemijlocită legătură cu problemele cele mai actuale ale indus-

triei chimice şi constituind trecerea de la datele ştiinţifice fundamentale la aplicaţie se desfăşoară în numeroase institute de cercetări departamentale, ca Institutul de cercetări chimice (ICECHIM), Institutul de cercetări chimico-farmaceutice (I.C.C.F.), Institutul de cercetări în domeniul petrochimiei (PETROCHIM), Institutul de cercetări pentru chimizarea gazului metan (CHIMIGAZ) etc. În direcţia ingineriei chimice, o importantă activitate se desfăşoară în institute de proiectare ca IPROCHIM etc.

Rezultatele acestei variate şi multiple activităţi de cercetare se concretizează în lucrări publicate în reviste, în cărţi apărute în ţară şi străinătate, în brevete obţinute şi recunoscute în străinătate, în lucrări prezentate în cadrul manifestărilor ştiinţifice naţionale şi internaţionale. Astfel, numai în planul de activitate al Academiei R. S. România pe anul 1966 era prevăzută organizarea celei de-a treia conferinţe republicane de chimie şi participarea la 12 manifestări ştiinţifice din străinătate. Se cuvine să arătăm că, eveniment ştiinţific de o deosebită însemnătate, cea de-a treia conferinţă republicană de chimie, care s-a desfăşurat la Timişoara (27—30 iunie 1966), a constituit o cuprinzătoare trecere în revistă a realizărilor pe diferitele planuri ale cercetării, fapt ilustrat atît prin numărul mare de participanţi (peste 1 800), cît şi prin valoarea şi numărul lucrărilor prezentate (peste 900).

Lucrările elaborate în laboratoarele de chimie din ţară văd lumina tiparului în revistele editate de Academia R. S. România, Ministerul Chimiei, universităţi şi alte instituţii de învăţămînt superior, o parte fiind publicate şi în reviste străine.

Cercetarea ştiinţifică, fundamentală şi aplicativă, în domeniul chimiei se desfăşoară în ţara noastră pe un front larg, vizînd un şir amplu de probleme şi avînd strînse legături atît cu cerinţele economiei naţionale, cît şi cu mişcarea ştiinţifică internaţională. Prin crearea Consiliului Naţional al Cercetării Ştiinţifice a luat fiinţă un organ de stat avînd, între altele, sarcina de a urmări aplicarea în practică a rezultatelor obţinute de cercetătorii noştri, sporind preocuparea pentru finalizarea cercetărilor şi intro-

ducerea în producție a rezultatelor obținute. Sînt create astfel noi condiții pentru ca rezultatele școlii românești de chimie să cunoască o sporită valorificare și prețuire.

■ ■ ■

CHIMIA TEMPERATURILOR ȘI PRESIUNILOR ÎNALTE

Temperaturile și presiunile înalte joacă azi un rol deosebit de important în realizarea celor mai diferite sinteze chimice. Cu ajutorul lor chimiștii reușesc să unească elementele sau anumite combinații în cele mai variate chipuri.

Pe bună dreptate se poate spune că temperatura ridicată este unul din mijloacele prin care se obțin multe din combinațiile chimice necesare astăzi omului. Și mai multe combinații s-ar putea căpăta dacă s-ar lucra la temperaturi de ordinul zecilor de mii de grade Celsius. Acest lucru devine astăzi posibil, și fără îndoială că în viitor va constitui un mijloc obișnuit de lucru, o dată cu punerea la punct a procedeelor ce folosesc jeturile de plasmă.

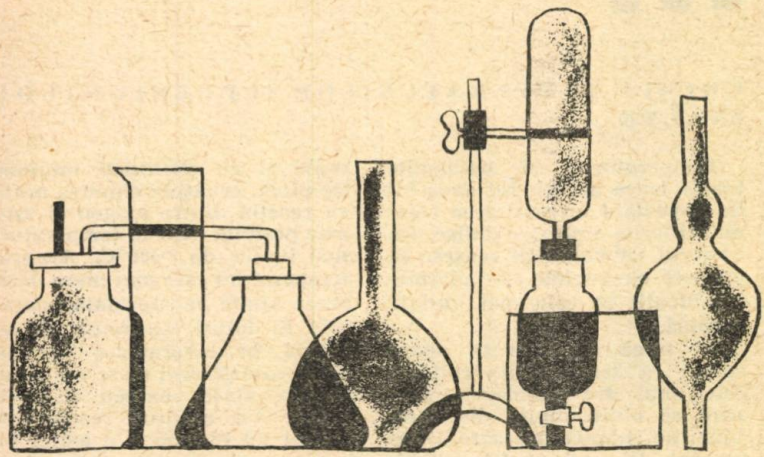
Dar ce este plasma ? Plasma constituie o nouă stare de agregare a materiei, mai precis a stării gazoase aflate la temperaturi foarte înalte. În aceste condiții — cînd temperatura atinge zeci de mii de grade — se realizează o mare concentrație de ioni și o activitate chimică intensă. Datorită acestei stări speciale, procesele chimice se intensifică în așa măsură, încît reacțiile care în mod obișnuit se desfășoară foarte lent și costisitor ajung să aibă loc extrem de rapid și cu cheltuieli minime. De pildă, ecuațiile chimice arată că reacția dintre oxigen și azot este posibilă doar la temperaturi mai înalte de 8 400°C. Această temperatură este mai mare decît aceea aflată pe suprafața Soarelui ! Și totuși s-a reușit să se obțină în laboratoare această temperatură, deci să se realizeze reacția dintre oxigen și azot. Cum ? Cu ajutorul reactorului chimic cu plasmă. Un astfel de reactor este format dintr-o cameră cilindrică, în centrul căreia se găsește un electrod. Lateral este fixat un disc răcit continuu cu apă și prevăzut în centru cu un mic orificiu ; acesta reprezintă electrodul inelar. În interiorul camerei se introduce un gaz sau un amestec de gaze, care circulă cu o anumită viteză. Dacă între cei doi electrozi se aplică o diferență de potențial electric (un curent electric continuu), se formează între ei un arc electric. În același timp, din orificul electrodului inelar va țîșni un jet de plasmă cu temperatura mult mai ridicată decît cea aflată la suprafața Soarelui.

Ce combinații se pot realiza în astfel de reactori chimici cu plasmă ? Nenumărate. O sinteză foarte importantă pentru industria petrochimică, de pildă, o constituie fabricarea acetile-

nei din metan. Alimentînd un jet de plasmă cu amestec de argon și metan se obține transformarea aproape integrală a metanului în acetilenă și hidrogen. Pierderile prin formare de carbon (negru de fum) sînt neînsemnate, iar durata transformării metanului în acetilenă doar de 0,5 milisecunde. Date fiind rezultatele promițătoare, specialiștii consideră că metoda va avea largi posibilități de utilizare în industrie.

S-au mai studiat și multe alte reacții chimice, ca, de exemplu, prepararea azoturilor metalice plecînd de la azot și pulberi metalice, prepararea de hidrogenuri, mai ales fluoruri. S-au încercat și reduceri de oxizi metalici, care ar putea deschide un nou drum metalurgiei multor elemente, ca, de pildă : magneziul, titanul etc. Mai mult decît atît. Temperaturile ridicate din reactorul chimic cu plasmă fac posibilă — teoretic — obținerea prin sinteză a oricărei molecule dorite.

Presiunile ridicate, de ordinul miilor de atmosfere, pot determina în multe cazuri aceleași efecte ca și temperaturile înalte. S-a constatat că presiunea înaltă are o deosebită influență asupra



echilibrului chimic a multor sinteze, cum ar fi : sinteza amoniacului, a metanolului (alcoolul metilic) din oxid de carbon și hidrogen etc. În cazul sintezei amoniacului (format din trei molecule de hidrogen și una de azot) din elemente, la temperatura de 450°C și presiunea de 10 atmosfere, abia intră în reacție 2,1% din cantitatea de azot și hidrogen. Mărind presiunea la 3 500 de atmosfere, randamentul crește la 97%. Din acest exemplu apare evidenta influență binefăcătoare a presiunii asupra randamentului reacției.

Un exemplu elocvent al efectului presiunii asupra structurii corpurilor îl oferă fabricarea artificială a diamantelor din grafit. Se știe că diamantele s-au format în interiorul Pămîntului prin transformarea unor sub-

stanțe ce conțineau carbon, sub influența temperaturii și mai ales a presiunilor foarte înalte. Căutînd să imite natura, chimiștii au supus grafitul unor presiuni de ordinul a 100 000 de atmosfere și la temperaturi cuprinse între 1 200 și 2 400°C. În felul acesta s-a încercat reproducerea condițiilor naturale din rocile în care s-au născut strălucitoarele pietre prețioase. Ca urmare, s-a reușit să se producă în laborator diamante sintetice. E drept, ele n-au dimensiunile celor naturale, dar să nu uităm că tehnica nu și-a spus încă ultimul cuvînt.

Exemplele date nu epuizează nici pe departe gama utilizărilor senzaționale a presiunilor înalte. Ele vor să ilustreze numai importanța lor în industrie. Astăzi domeniul presiunilor înalte este foarte vast și se lărgește continuu în urma perfecționării tehnicii obținerii lor.

GHEORGHE G. LONGINESCU (1869—1939)

Eminentul pedagog și om de știință Gheorghe Longinescu s-a născut la Focșani, la 12 noiembrie 1869, într-o familie numeroasă de oameni nevoiași, dar care au știut să-și crească cei 8 copii cu grijă și să le insufle dragostea pentru muncă. Școala primară și primele clase de liceu le urmează la Focșani, apoi ca bursier la Liceul Național din Iași, unde își ia bacalaureatul în septembrie 1888. Deși a rămas orfan de timpuriu, ajutat de fratele său mai mare Ștefan, precum și de energia, optimismul și veselia care-l caracteriza de mic copil, Longinescu urmează cursurile universitare la Facultatea de științe din București, luîndu-și licența la 21 octombrie 1892. După obținerea licenței, pleacă la Berlin, unde, în urma recomandărilor date de prof. dr. C. Istrati, este primit în laboratorul lui Emil Fischer. Aici, în iulie 1896 își trece examenul de doctorat, după care se reîntoarce imediat în țară și devine profesor la Liceul „Sfîntul Sava" din București și la alte licee. Cîțiva ani mai tîrziu, Gh. Longinescu este chemat ca asistent la cursul de chimie anorganică al Universității din București, unde este însărcinat să predea și cursul de chimie generală, iar în 1906 este numit profesor agregat de chimie anorganică la Universitatea din București. Timp de 42 de ani (din septembrie 1896 pînă în octombrie 1938), Gh. Longinescu a fost un profesor strălucit, care și-a iubit cu pasiune profesiunea : „Mi-a plăcut să fac lecții. Le-am pregătit, zi cu zi, timp de 42 de ani... Le-am pregătit cu ochii închiși, pe întuneric... În fiecare lecție mă mistuiam pe mine, precum se mistuie lumînarea cînd luminează pe cei din jurul ei". Cursurile lui atrăgeau pe elevi și pe studenți prin căldura și conținutul expunerii.

În plină putere de creație, profesorul Longinescu este lovit de o necruțătoare boală de ochi și orbește ; i s-au făcut șaptesprezece operații la ochi dar niciodată nu și-a mai recăpătat complet vederea. Deși a suferit foarte mult, el continua să-și țină cursurile, dînd dovadă de o rară tărie de caracter. În octombrie 1938 este pensionat și numai după 7 luni încetează din viață.

Pe lîngă activitatea de pedagog eminent, Longinescu a desfășurat și o vie muncă de cercetare științifică, care l-a făcut cunoscut atît în țară cît și peste hotare. Prima sa lucrare științifică este lucrarea de doctorat, efectuată sub îndrumarea lui Wilhelm Traube, „Asupra acizilor aminici din seria alifatică". Cele mai importante contribuții le aduce în domeniul chimiei fizice și al chimiei analitice.

Astfel a stabilit, pe baza unor cercetări teoretice, o relație între temperaturile de fierbere, greutățile moleculare și numărul moleculelor ce alcătuiesc două corpuri date. Această relație, extrem de simplă și exactă, creează un instrument practic de lucru, permițînd calculul gradului de asociație și al greutăților moleculare ale lichidelor pure cu ajutorul temperaturilor de fierbere. Ea a fost foarte apreciată, fiind citată în numeroase tratate în țară și străinătate.

Foarte importante sînt contribuțiile profesorului Longinescu în domeniul analizei gravimetrice.

În domeniul chimiei analitice, Gh. Longinescu a indicat folosirea de noi reactivi pentru separarea grupelor metalice, a elaborat o serie de metode noi, simple și precise, pentru separarea metalelor din grupa a doua, a treia și a patra și a elaborat metodele cantitative pentru separarea halogenilor între ei. A găsit reacții de recunoaștere pentru sodiu, potasiu, acid azotic etc.

Încercat popularizator al științei și culturii, Longinescu a inițiat o serie de ședințe însoțite de experiențe, pe care le ținea duminica și în zilele de sărbătoare, cu scopul de a trezi interesul marelui public pentru studiul fizicii si chimiei. Împreună cu G. Țițeica a fondat revista „Natura" (1905), fiind autorul a numeroase articole scrise pe înțelesul maselor. De asemenea, Longinescu este autorul a numeroase cursuri și manuale de lucrări practice. Împreună cu C. I. Istrati a publicat manualul „Chimie generală".

Exemplu de adevărat eroism în muncă, Gheorghe G. Longinescu, care și-a închinat toată viața muncii științifice în folosul oamenilor, a fost și va continua să fie o pildă vie de om dîrz, pasionat și plin de bunătate.

■

GHEORGHE SPACU (1883—1955)

Academicianul Gheorghe Spacu, savant și patriot, ce și-a înscris numele în galeria celor mai mari chimiști români, alături de Petru Poni și Constantin Istrati, s-a născut la Iași, la 5 decembrie 1883. Tot în orașul natal și-a făcut studiile secundare, la Liceul Național, și și-a obținut licența în chimie și mineralogie,

avîndu-i ca profesori pe P. Poni, P. Bogdan, D. Hurmuzescu etc., după care pleacă la Viena și Berlin, unde se specializează în chimie anorganică și analitică.

Reîntors în țară, Gheorghe Spacu, cunoscut și apreciat de foștii săi profesori, este numit în 1907 asistent la laboratorul de chimie minerală al Universității din Iași, condus pe atunci de N. Costăchescu. Dovedindu-se demn de încrederea acordată, demonstrînd deosebite calități didactice, Gheorghe Spacu va urca mereu noi trepte în această nobilă activitate, căreia i s-a dedicat pînă la sfîrșitul vieții, de-a lungul a 48 de ani închinați formării de noi cadre de chimiști în învățămîntul superior românesc.

În 1916 Spacu își susține teza de doctorat cu tema „Combinațiuni complexe de fier, feramine", obținînd titlul de doctor în chimie (al doilea titlu de acest fel acordat în țara noastră). Om de o vastă cultură, Gh. Spacu a fost un pasionat al muzicii, el însuși un violonist virtuos.

Alături de multilaterala și pasionata sa activitate didactică, academicianul Gh. Spacu a lăsat chimiei românești o vastă și valoroasă moștenire științifică. Autor a 243 de lucrări științifice originale, Spacu a făcut cercetări fundamentale în domeniul combinațiilor complexe, apreciate atît în țară cît și în străinătate, deschizînd noi căi de cercetare în domeniul chimiei anorganice și analitice : a stabilit structura unor combinații anorganice din grupa sărurilor duble, a sintetizat noi clase de combinații complexe (derivați de la hexahidroxoantimoniați, hidroxoplatinați, hidroxostanați, hexacloroplumbați etc.).

Pe lîngă sinteza a aproximativ 1 000 de substanțe noi, Spacu a elaborat metode analitice pentru determinarea cuprului, zincului, mercurului, nichelului, cobaltului, cadmiului, bismutului, argintului, manganului, antimoniului etc. Metodele sale analitice au fost larg dezbătute și aplicate în toată lumea. O serie dintre aceste metode sînt adoptate ca metode oficiale de control în multe țări, figurînd în numeroase tratate străine..

Spacu a făcut, de asemenea, o serie de studii fizico-chimice pentru stabilirea formării în soluție a unor combinații anorganice complexe ; astfel a dovedit existența amoniacaților dubli, a complecșilor în soluții (pe cale refractometrică), a descoperit selenocianamidele și (prin metoda spectrofotometrică) a rezolvat numeroase probleme relativ la amestecurile sărurilor de cupru sau cobalt cu acizii și sărurile acizilor halogenați.

Cele mai multe dintre metodele gravimetrice foarte precise și rapide elaborate de Spacu și colaboratorii săi se bazează pe formarea unor combinații complexe greu solubile, cu greutate moleculară mare, condiții cerute de chimia analitică modernă.

Alte serii de metode analitice aparțin volumetriei, electrochimiei, colorimetriei. Toate acestea îl consacră pe Spacu ca precursor al folosirii metodelor fizice în cercetarea chimică.

Animat de patriotism, Spacu a adus o importantă contribuție la orientarea cercetărilor științifice către cerințele progresului industriei noastre chimice. Astfel el a întreprins o serie de studii cu privire la obținerea din ghips a acidului sulfuric și a unui

ciment de calitate, precum și cu privire la extragerea arseniului din minereuri indigene, cu privire la activarea negrului de fum, la absorbția gazelor etc., a cercetat problema obținerii zincului din deșeuri, a sulfatului de amoniu din argile, a potasiului din feldspați etc.

Meritele sale deosebite în știință l-au situat pe Spacu printre savanții români chimiști de mare prestigiu ; membru corespondent (din 1927) și membru titular (din 1935) al Academiei Române, el a fost în același timp membru de onoare al Academiei Italiene, membru al Academiei Mondiale de Științe și Arte din Geneva, membru al Comisiei internaționale pentru instituirea tabelelor anuale de constante și date numerice din Paris, membru al Societăților de chimie din Paris, Berlin, Viena și Washington și colaborator asiduu al celor mai însemnate reviste de chimie. Pentru munca didactică și științifică pe care a desfășurat-o, ca și pentru aportul adus în rezolvarea diferitelor probleme legate de cerințele industriei, Gheorghe Spacu a fost de două ori laureat al Premiului de Stat (1952 și 1954) și decorat cu Ordinul Muncii clasa I.

Gheorghe Spacu a încetat din viață la 23 iulie 1955, în cel de-al 72-lea an al vieții sale de savant patriot și ilustru pedagog, al cărui nume va rămîne mereu înscris în cartea de aur a științei românești.

Spre zero absolut

PETRE DUDCOVSCHI
fizician

Încă la începutul secolului nostru mai puteau fi văzuți în diverse locuri din lume scamatori care uimeau publicul cu ajutorul a ceea ce noi astăzi numim „aer lichid". Astfel ei introduceau într-un lichid transparent, cu nuanțe albăstrui, o minge de cauciuc și un tub tot de cauciuc. După ce le scoteau din lichidul misterios, ei loveau cu ciocanul mingea, care se sfărîma în bucăți de parcă n-ar fi fost făcută din cauciuc elastic, ci din sticlă fragilă. Agățau apoi o greutate de unul din capetele tubului, dar acesta nu se mai întindea. O floare cufundată în lichid și lovită apoi cu un ciocan se făcea bucăți la fel ca o farfurie de porțelan. Dar nu numai atît : un clopoțel de plumb — care în mod normal scoate niște sunete surde — după cufundarea în aer lichid producea sunete clare, cristaline...

Desigur că toate acestea sînt astăzi cunoscute. Dar pe vremea aceea lichefierea aerului era încă de neînțeles pentru marele public.

Și totuși lichefierea aerului — deși a fost obținută neînchipuit de greu — a fost posibilă, și o dată cu aceasta știința a făcut un mare pas pe calea care ducea pe scara

temperaturilor joase. Într-adevăr, lichefierea aerului — ca și a unor gaze cum sînt oxigenul, azotul, heliul — a fost strîns legată de problema coborîrii temperaturii. Dar de ce oare ? Ce importanță avea să putem obține aer lichid, oxigen sau hidrogen lichid, heliu lichid și, în general, de ce se depuneau atîtea eforturi pentru a realiza în condiții de laborator temperaturi din ce în ce mai joase ? Înainte însă de a vorbi despre toate aceste lucruri să vedem ce se înțelege prin *temperatură* și cum se măsoară temperaturile, mai ales cele *joase* și *foarte joase*.

Ce este și cum măsurăm temperatura

Temperatura unui corp este unul din principalii parametri de stare ai lui. Ca și alți parametri care caracterizează starea unui corp gazos, lichid sau solid — masă, volum, presiune —, temperatura este în strînsă legătură cu fenomenele ce se petrec în structura intimă a corpurilor.

Care este deosebirea dintre un corp cald și unul rece ? Comparați o cameră încălzită cu una neîncălzită, un ceai fierbinte cu unul rece. Prin ce se deosebesc ele ? Doar aerul din cele două camere are aceeași structură, moleculele și atomii care intră în compoziția celor două ceaiuri sînt aceleași. Și totuși... o deosebire, și încă esențială, există.

În fiecare corp, oricît ar părea el de nemișcat în ansamblul său, există o *mișcare internă continuă* asemănătoare cu cea a musculițelor dintr-un roi, a căror mișcare haotică, dezordonată, din interiorul roiului nu modifică forma acestuia. Mișcarea internă a moleculelor unui lichid a fost pusă pentru prima oară în evidență în mod experimental de botanistul englez Robert Brown în 1827. Studiind la microscop structura plantelor, Brown a descoperit cunoscuta mișcare *browniană*, care dovedea că particulele unui lichid se află într-o mișcare dezordonată, care nu încetează niciodată și nu depinde de vreo cauză exterioară corpului, fiind o manifestare a mișcării interne a moleculelor substanței. Dar ce legătură este între temperatură și mișcarea internă a moleculelor dintr-un corp ? Legătura va apărea imediat dacă vom calcula *viteza medie*

de mișcare a moleculelor unui corp la diferite temperaturi. În exemplele de mai sus am constata că viteza medie a moleculelor de aer este mai mare în camera încălzită decît în cea neîncălzită, iar în ceaiul fierbinte moleculele se mișcă mai repede decît în ceaiul rece. Cu alte cuvinte, *temperatura unui corp este o măsură a gradului de agitație a moleculelor acelui corp.* Tocmai de aceea mișcarea internă a moleculelor, care îmbracă diferite forme la gaze, lichide și solide, mai poartă numele de agitație *moleculară*, sau *agitație termică*.

Fenomenul agitației termice este mai pregnant la gaze. Se știe că moleculele unui gaz sînt oarecum „independente". Particulele care compun solidele formează o rețea și nu pot efectua decît anumite mișcări de vibrație în jurul poziției lor sau de rotație în jurul axelor proprii, dar și aceasta înseamnă mișcare și energie cinetică, ceea ce determină temperatura corpurilor respective. Între particulele unui gaz nu există însă relații strînse, ele mișcîndu-se în voie în toate direcțiile și cu diferite viteze. Cu cît viteza lor medie este mai mare, cu atît temperatura gazului este mai ridicată, sau, altfel spus, cu atît *energia internă* a gazului este mai mare, prin energie internă înțelegîndu-se suma tuturor energiilor particulelor gazului. Acțiunea unui termometru se aseamănă în anumite condiții cu cea a unui vitezometru. Indicarea unei temperaturi corespunde indicării unei viteze medii. Dacă, de exemplu, termometrul dintr-o cameră arată temperatura de 15°C, înseamnă că viteza medie a particulelor de aer din camera respectivă este de 500 m/s, adică 1 800 km/oră, ceea ce reprezintă o viteză mai mare decît viteza sunetului. Dacă viteza medie crește de la 500 m/s la 525 m/s, temperatura aerului ajunge să fie de-a dreptul sufocantă, de peste 60°C, și, dimpotrivă, dacă viteza medie scade de la 500 m/s la 475 m/s, temperatura scade și ea la —40°C, ceea ce corespunde unui ger întîlnit doar în iernile friguroase.

De remarcat că simțurile noastre pot înregistra o variație de temperatură de aproximativ 3°C, corespunzătoare unei variații a vitezei medii egală cu a doua suta parte din valoarea ei.

În principiu, temperaturile înalte pot fi oricît de mari. Dar cele joase ? Se poate coborî temperatura unui corp oricît de mult sau există o limită în această privinţă ?

Constatările de mai sus conduc la un răspuns negativ, confirmat de altfel de principiul al treilea al termodinamicii. Într-adevăr, scăderea temperaturii înseamnă scăderea vitezei medii a particulelor corpului. Dar scăderea vitezei medii are o limită, şi această limită corespunde celei mai joase temperaturi posibile din punct de vedere teoretic. Punctul în care mişcarea particulelor ar înceta complet se numeşte *zero absolut* şi el corespunde unei temperaturi de —273,16°C, care, conform principiului al treilea al termodinamicii, nu poate fi atinsă niciodată. Acest punct constituie punctul zero al unei scări de temperaturi numite *scara temperaturilor absolute,* sau *scara Kelvin,* după numele fizicianului Kelvin. Relaţia de transformare a temperaturilor exprimate în grade absolute (Kelvin) şi grade Celsius este :

$T°K = t°C + 273,16.$

Reacţiile chimice sînt însoţite uneori de transformări energetice care duc de asemenea la variaţii de temperatură, iar în cazul temperaturilor foarte joase, sub 1°K, fenomenele magnetice la nivel atomic contribuie la modificări energetice în substanţă, deci la modificări de temperatură.

Instrumentele de măsurat temperatura — termometrele — se bazează pe dependenţa de temperatură a unor însuşiri fizice ale corpurilor, iar scările de temperatură reprezintă o serie de numere cuprinse între două puncte de temperatură constantă, luate ca bază. Un grad de temperatură este o fracţiune determinată a intervalului cuprins între cele două temperaturi fixe.

Primul fenomen folosit la măsurarea temperaturii a fost *dilatarea corpurilor.* Pentru a măsura în acest fel temperatura este necesar să se stabilească o corespondenţă între lungimea sau volumul unui corp şi temperatura sa şi să se aleagă cel puţin două puncte fixe de temperatură, corespunzătoare unor fenomene care se produc întotdeauna la aceeaşi temperatură.

În 1724 Fahrenheit a propus o scară de temperatură cu două puncte fixe cărora le-a atribuit valorile de 0°F

și 212°F. Temperatura de 0°F corespunde temperaturii unui amestec de amoniac și gheață, iar temperatura de 212°F corespunde temperaturii de fierbere a apei la presiunea normală. Pe această scară temperatura de topire a gheții este de 32°F.

În 1742, Celsius a propus scara care-i poartă numele folosind ca puncte fixe temperatura de topire a gheții și temperatura de fierbere a apei la presiunea normală și atribuind acestor puncte valorile de 0°C și 100°C. Intervalul dintre cele două puncte fixe a fost împărțit în părți egale, și anume în 212 părți în scara Fahrenheit și în 100 părți în scara Celsius. În felul acesta, unitatea de măsură a temperaturii a fost definită, în scara Celsius, de exemplu, ca a suta parte a intervalului dintre cele două puncte fixe.

Împărțirea intervalului dintre cele două puncte fixe în 100 de părți egale presupune însă că corpul termometric se dilată în mod uniform, adică lungimea sa crește cu aceeași valoare pentru o creștere a temperaturii cu un grad în orice domeniu al scării. Să fie însă oare aceasta realitatea ? Experiențele au dovedit contrariul.

A apărut, așadar, un nou impas. Pentru a-l înlătura au fost întreprinse cercetări numeroase cu diferite substanțe. În urma acestor cercetări s-a constatat că dilatarea unui gaz perfect, aflat la presiuni foarte reduse, nu depinde de natura gazului respectiv și se produce în mod uniform în condițiile creșterii temperaturii.

Pe baza acestei constatări au fost construite termometrele cu gaze perfecte, folosindu-se aceleași puncte fixe ca în scara Celsius și împărțind intervalul de temperatură tot în 100 de părți egale.

Realizarea termometrelor cu lichid sau gaz nu rezolvă complet problema măsurării temperaturii. La temperaturi joase lichidele îngheață, iar gazele se lichefiază, astfel că domeniul de utilizare al termometrelor construite pe principiul dilatării corpului termometric este limitat. De aceea pentru măsurarea temperaturilor se mai folosesc și alte proprietăți ca variația rezistenței electrice a unui conductor electric în funcție de temperatură sau variația forței electromotoare, ce apare într-un circuit format din două materiale diferite ale căror capete sînt lipite între ele, în

funcție de temperaturile lipiturilor. Aparatele care folosesc prima proprietate se numesc *termometre cu rezistență electrică,* iar celelalte se numesc *termocuple.* Toate aceste aparate trebuie puse în contact cu corpul a cărui temperatură se măsoară.

Pentru măsurarea la distanță a temperaturii unor corpuri au fost construite aparate numite *pirometre,* care se bazează pe proprietățile radiațiilor emise de corpuri, proprietăți ce variază cu temperatura.

Există astăzi un număr mare și variat de tipuri de aparate care permit măsurarea temperaturii unui corp în orice condiții și cu o precizie foarte ridicată.

În ceea ce privește măsurarea temperaturilor joase pînă la —190°C, aparatul cel mai precis este, în practică, termometrul cu rezistență de platină. Calibrarea termometrului se face avînd în vedere următoarele puncte fixe : topirea gheții, înghețarea mercurului, solidificarea bioxidului de carbon și fierberea oxigenului. Aceste puncte sînt la respectiv : 0°C ; —38,83°C ; —78,48°C ; —182,96°C.

Pentru intervalul de temperaturi considerat mai sînt comode termometrele manometrice, umplute cu o substanță a cărei temperatură de fierbere să se găsească între 10°C și —180°C.

Pentru măsurătorile în același interval de temperaturi se mai pot folosi cu succes cupluri termoelectrice fier-constantan sau cupru-constantan.

Pentru măsurarea temperaturilor situate între 14 și 80°K, fizicienii au determinat presiunea vaporilor de azot între 60 și 80°K, a hidrogenului între 14 și 20°K, folosind în acest scop termometrele cu azot și, respectiv, hidrogen.

Kamerlingh-Onnes a dovedit că la temperaturi joase termometrul de rezistență cu plumb prezintă anumite avantaje față de cel cu platină. După datele lui Kamerlingh-Onnes, care a măsurat rezistența unui fir de plumb special preparat — fir standard —, a fost întocmit un tabel cuprinzînd valorile rezistenței pentru firul standard la diferite temperaturi, putîndu-se măsura pe această bază temperaturi de ordinul zecilor de grade absolute.

Pentru măsurarea unor asemenea temperaturi se mai pot folosi cupluri termoelectrice din cupru-constantan și

fier-constantan, sau cele din aur-argint, sau platină-argint, care sînt mai sensibile.

Între 5 și 14°K nu există puncte fixe convenabile. De aceea temperaturile din acest interval pot fi măsurate satisfăcător doar cu ajutorul termometrului cu heliu sau cu ajutorul cuplelor termoelectrice, gradate în prealabil după termometrul cu heliu.

Măsurarea temperaturilor cuprinse în intervalul de la 4 la 14°K poate fi făcută cu un termometru ultraacustic, constituit dintr-un tub cilindric prevăzut la unul din capete cu emițător piezoelectric — piezocuarț ultrasonic, iar la celălalt capăt cu un piston mobil. Tubul se umple cu heliu aflat la presiuni de 0,01—2 atm. În scopul determinării temperaturii se observă poziția pistonului pentru care în tub apar unde staționare. După aceste date și măsurînd frecvența oscilațiilor cuarțului se determină viteza ultrasunetelor la diferite presiuni. Extrapolarea rezultatelor la presiunea zero permite găsirea temperaturii absolute a gazului.

Pentru măsurarea temperaturilor sub 5°K, fizicienii au determinat presiunea vaporilor de heliu între temperaturile cuprinse în intervalul de la 1 la 5°K, așa încît în intervalul de temperaturi considerat au fost obținute o serie de puncte fixe, care au permis măsurarea temperaturilor foarte joase, apropiate de zero absolut.

Pentru a măsura temperaturile mai joase de 1°K nu mai poate fi utilizat heliul deoarece presiunea lui de vapori este în acest caz prea mică. În domeniul temperaturilor sub 1°K, măsurătorile se fac cu ajutorul unui dispozitiv magnetic care indică o așa-numită temperatură magnetică. Această metodă are la bază o lege, numită *legea Curie*, de care ascultă în anumite condiții substanțele paramagnetice la temperaturi foarte joase și potrivit căreia *susceptibilitatea magnetică* x a substanței și temperatura sa absolută *T* sînt invers proporționale, între ele existînd relația :

$$x\,T = \text{constant}$$

În practică se folosește un termometru magnetic format din două bobine, una primară și una secundară. Inducția mutuală a acestor bobine se determină cu o punte de curent alternativ, iar din valoarea inducției se obține

susceptibilitatea magnetică. Pe baza acestor măsurători și în ipoteza că substanța utilizată se supune legii Curie se poate calcula o temperatură magnetică T', care se poate apoi transforma în grade absolute. Valorile T astfel obținute reprezintă doar cîteva miimi de grad deasupra lui zero absolut.

Obținerea temperaturilor joase și foarte joase

După evaluările specialistilor, aproximativ un sfert din suprafața uscatului de pe Pămînt se află sub stare de îngheț veșnic. Această adevărată „lume de gheață", improprie pentru cultivarea pămîntului, creșterea vitelor, construcții, poate fi întîlnită pe toate paralelele și meridianele globului nostru, de la întinderile nesfîrșite ale ținuturilor polare pînă la înzăpezitele culmi ale unor munți situați în imediata vecinătate a ecuatorului.

Peste tot zăpada și gheața sînt însoțite de frig.

La început, de mult de tot, oamenii s-au temut și s-au păzit de frig. Ei au făcut aceasta pentru că în condițiile de atunci au cunoscut frigul numai sub aspectele sale dăunătoare.

Cu timpul însă, strămoșii noștri și-au dat seama că pot folosi gheața la păstratul alimentelor. Apoi ei au descoperit proprietăți și transformări utile ale substanțelor atunci cînd temperatura acestora coboară. Astfel a început lupta pentru obținerea temperaturilor joase și foarte joase, și această luptă n-a fost de loc ușoară.

Descoperirea focului sau, mai exact, descoperirea posibilității de a menține, produce și utiliza focul a făcut ca omul să poată obține în folosul său temperaturi mai ridicate decît cele înconjurătoare. În timp ce acest eveniment însemnat pentru dezvoltarea societății omenești se pierde în negura vremurilor preistorice, descoperirea primului mijloc artificial de a răci corpurile s-a făcut cu mult mai tîrziu, abia în secolul al XVIII-lea al erei noastre. Acest lucru se explică prin faptul că, pe de o parte, omul și-a dat seama destul de tîrziu că și frigul îi poate fi de folos, iar pe de altă parte condițiile științifice și tehnice nu

făceau posibilă realizarea după dorință a temperaturilor scăzute.

În istoricul luptei omului pentru frig, prima victorie a avut loc, probabil, în urmă cu peste două secole, cînd Gabriel Daniel Fahrenheit — același care a introdus scara de temperaturi ce-i poartă numele —, implîntînd termometrul într-un amestec de gheață cu sare, a putut anunța semenilor săi că acest amestec are o temperatură mai joasă decît gheața care se topește. Evenimentul a constituit prima cale găsită de om pentru a produce, după voința sa, temperaturi mai coborîte decît a gheții care se topește. De atunci, metoda amestecurilor a fost mult folosită la răcire. S-a constatat că, dacă se prepară un amestec format din două treimi gheață și o treime sare, în urma acțiunii concomitente a *topirii* și *dizolvării*, temperatura amestecului poate coborî pînă la —23°C. Un corp introdus într-un asemenea amestec refrigerent cedează acestuia o cantitate de căldură, viteza moleculelor sale scade, ceea ce corespunde micșorării temperaturii sale.

Curînd, amestecului de gheață cu sare i-au urmat alte amestecuri refrigerente de substanțe care prin transformări ale stărilor de agregare ca *evaporare* sau *topire* absorb o mare cantitate de căldură.

Pentru producerea temperaturilor joase sînt de mare importanță schimbările stării de agregare, care au loc la temperaturi joase și care sînt însoțite de absorbție de căldură de la mediul răcit. Se știe că stărilor de agregare ale unei substanțe le corespund anumite condiții exterioare — domenii limitate de temperaturi și presiuni. Atunci cînd variază aceste condiții se schimbă și poziția reciprocă a moleculelor, modificările cantitative ducînd în cele din urmă la modificări calitative, adică la modificarea stării de agregare. Transformările intervenite în starea de agregare a substanței sînt însoțite de o degajare sau de o absorbție a căldurii latente de schimbare de fază, care se consumă pentru efectuarea lucrului mecanic intern necesar regrupării moleculelor.

Trecerea din starea lichidă în starea gazoasă, de pildă, se face prin evaporare și fierbere. În timp ce *evaporarea* este o vaporizare care are loc la suprafața liberă a lichi-

dului și are loc la orice temperatură a acestuia, *fierberea* este o vaporizare care se produce nu numai la suprafața lichidului, ci și în interiorul lui. Fierberea are loc la acea temperatură la care tensiunea vaporilor de lichid este egală cu presiunea din spațiul înconjurător. Temperatura de fierbere depinde de proprietățile fizice ale lichidului și de presiunea vaporilor asupra lichidului. În tehnica frigorifică au o mare importanță unele lichide volatile care se caracterizează prin temperaturi joase de fierbere și constituie așa-numiții agenți frigoriferi.

Studiind transformările stării de agregare, Faraday a reușit în 1823 să lichefieze clorul prin răcirea acestuia cu un amestec frigorifer și prin aplicarea simultană a unei compresii. Atît de neașteptat a fost acest lucru, acum o sută și ceva de ani în urmă, încît profesorul lui, cunoscutul chimist Davy, văzînd în tubul de răcire al lui Faraday un lichid gălbui și siropos cu aspect murdar, care nu era altceva decît clor obținut pentru prima dată în stare lichidă, a fost de părere că acest lichid urît nu este decît rezultatul faptului că elevul său nu a spălat bine vasele de sticlă cu care efectuase experiența. Și totuși, a doua zi, Faraday comunică profesorului său că lichidul gălbui era într-adevăr clor lichefiat.

Calea deschisă de Faraday nu s-a arătat fructuoasă de la început. O seamă de gaze ca oxigenul, azotul, hidrogenul, metanul, oxidul de carbon și, evident, aerul au rezistat îndelung lichefierii. Aerul a fost supus la o presiune de 3 000 de atmosfere, dar nu s-a lichefiat. S-a născut atunci părerea că substanțele de mai sus se găsesc permanent în formă gazoasă și că deci stările de agregare gazoasă, lichidă și solidă, sub care se poate prezenta o aceeași substanță, nu sînt comune tuturor corpurilor.

Această părere nu putea fi infirmată decît prin constatarea că gazele așa-zise permanente pot fi lichefiate. Au început atunci studii sistematice asupra stării gazoase a materiei la diferite temperaturi și presiuni. S-a descoperit că un gaz nu poate fi lichefiat prin mărirea presiunii decît dacă el se găsește în mod obligatoriu sub o anumită temperatură a cărei valoare depinde de natura gazului. Această temperatură care condiționează lichefierea este cunoscută sub denumirea de *temperatură critică*.

După descoperirea temperaturii critice a devenit clar că orice gaz se poate lichefia și că orice corp din natură poate exista sub stare solidă, lichidă și gazoasă. Starea în care se găsește la un moment dat depinde de temperatura și de presiunea din acel moment. Problema ce se ridica acum era de a găsi temperaturile critice pentru toate gazele așa-zis permanente, dar mai ales de a găsi mijloacele pentru a obține temperaturile critice, care pentru așa-zisele gaze permanente s-au dovedit a fi foarte scăzute.

Pentru obținerea temperaturilor joase și foarte joase tinzînd spre zero absolut, au trebuit să fie căutate și găsite alte metode. Una din aceste metode a apărut atunci cînd s-a descoperit că aerul comprimat, dilatîndu-se, se răcește. Aceasta se explică prin faptul că atunci cînd gazul se dilată, mișcarea moleculelor sale se încetinește, deoarece forța de atracție reciprocă tinde să rețină moleculele. În consecință fizicienii au comprimat aerul, trecîndu-l dintr-un cilindru compresor în altul, și, pentru a evita încălzirea care se producea, ei au înconjurat compresoarele cu amestecuri refrigerente care efectuau o răcire prealabilă. Apoi, prin dilatare, gazul își cobora temperatura. O succesiune de asemenea operații determina scăderea sensibilă a temperaturii gazului. Pe această cale s-au obținut succese remarcabile. Temperatura a fost mult coborîtă, fapt care a permis lichefierea aerului, inclusiv a oxigenului, azotului și hidrogenului.

Mai rămînea de cucerit o cetate : lichefierea heliului. După numeroase și neizbutite încercări (heliul a fost succesiv comprimat, dilatat și răcit cu alte gaze deja lichefiate), în sfîrșit heliul a putut fi obținut în stare lichidă. Bătălia temperaturilor joase a fost încununată de succes : în fața termometrului care indica —269°C, fizicianul olandez Kamerlingh-Onnes a văzut primul, la Leyda în 1908, heliul în stare lichidă. După acest răsunător succes au fost elaborate mai multe procedee de lichefiere a heliului și au fost studiate ciudatele proprietăți ale heliului lichid. O dată cu lichefierea heliului, știința a pătruns în domeniul temperaturilor ultrascăzute, al temperaturilor „de heliu". Heliul, ultimul gaz care a fost lichefiat, a

fost folosit cu succes de oamenii de știință pentru a ajunge și mai aproape de zero absolut.

Lichefierea heliului, această importantă cucerire științifică, a fost realizată în practică prin folosirea în principiu a două metode. Una din ele, propusă de fizicianul genovez Pictet și numită metoda în *cascadă*, se bazează pe faptul că un gaz care se lichefiază la o anumită temperatură este folosit ca agent de răcire pentru un al doilea gaz care se condensează mai greu, astfel că prin lichefierea celui de-al doilea gaz, obținută prin comprimare la temperatură scăzută transmisă de agentul de răcire, putem obține o temperatură cu mult mai joasă decît temperatura de lichefiere a primului gaz. Aplicînd această metodă, Pictet a reușit să obțină oxigen lichid.

Metoda lui Pictet a fost perfecționată și utilizată cu succes de Kamerlingh-Onnes, care a realizat în laboratoarele de la Leyda o instalație pentru obținerea temperaturilor foarte joase constînd din 4 cicluri. În primul ciclu, el a folosit clorură de metil, care poate fi lichefiată prin compresiune la temperaturi obișnuite. Clorura de metil se evaporă și datorită acestui fapt se răcește, întrucît punctul ei de fierbere sub presiune normală este de —24°C. Temperatura atinsă în felul acesta este cu totul suficientă pentru a realiza lichefierea etilenului, a cărui temperatură critică este de +10°C. Clorura de metil lichidă răcită circulă în sistemul de răcire al unui compresor, în care se află etilen, care se lichefiază la rîndul său. Sub presiune normală, etilenul fierbe la temperatura de —103°C și rămîne în stare lichidă pînă la —169°C. Etilenul, care fierbe sub presiune scăzută, poate fi utilizat pentru răcirea unui compresor care comprimă oxigenul la o temperatură la care acesta poate fi lichefiat. Oxigenul în fierbere sub presiune scăzută este capabil să realizeze o temperatură suficient de joasă pentru lichefierea aerului ce se găsește sub presiunea atmosferică.

Metoda în cascadă este economică din punct de vedere al consumului de energie. Dar din cauza volumului instalației și a necesității de a avea cîțiva agenți de răcire, metoda în cascadă nu a căpătat o largă răspîndire în industrie. Sînt cunoscute rare cazuri de aplicare a acestei metode pentru obținerea oxigenului lichid, cazuri care

confirmă însă rentabilitatea ei în ceea ce privește consumul de energie. Instalațiile în cascadă cu un mare număr de cicluri ne dau posibilitatea de a obține temperaturi foarte scăzute care permit lichefierea hidrogenului și a heliului. Astfel în laboratorul din Leyda s-a reușit cu 4 cicluri în cascadă, utilizîndu-se neonul în ultimul ciclu, să se scadă temperatura pînă la —247°C, ceea ce a permis să se obțină hidrogenul în stare lichidă. Kamerlingh-Onnes a completat instalația în cascadă de la Leyda printr-un al cincilea ciclu cu hidrogen, cu ajutorul căruia a reușit să lichefieze și heliul.

În 1895 fizicianul K. Linde a reușit să construiască o instalație pentru obținerea aerului lichid, folosind o metodă nouă. Instalația se baza pe principiul folosirii efectului Joule-Thomson, adică pe variația temperaturii gazului la dilatare, cu alte cuvinte la trecerea gazului de la o presiune ridicată la una scăzută, fără a ceda sau a primi căldură și fără a produce un lucru mecanic exterior. Variația temperaturii la dilatare a fost stabilită de Joule și Thomson în 1852 în urma unei serii de experiențe interesante, care au deschis un nou drum pentru obținerea temperaturilor joase.

Metoda propusă de Linde a dat posibilitatea obținerii aerului lichid în cantități industriale. Potrivit aceleiași metode, Dewar a reușit apoi să obțină hidrogenul lichid, iar Kamerlingh-Onnes heliul lichid.

Constatînd că o singură dilatare nu este suficientă pentru a coborî simțitor temperatura, Linde a aplicat așa-numitul principiu *regenerativ*. Esența principiului constă în folosirea neîntreruptă a scăderii temperaturii la dilatare pentru răcirea ulterioară a unei noi porțiuni de gaz. În acest caz se întrebuințează un schimbător de căldură în contracurent, în care gazele răcite după destindere duc la scăderea temperaturii unei porțiuni proaspete de gaz comprimat care vine spre dilatare. Drept rezultat, la dilatarea ulterioară avem o scădere și mai mare a temperaturii. Procesul continuu de scădere a temperaturii are loc pînă ce se atinge temperatura de lichefiere a gazului respectiv.

La instalația de tip Linde se obișnuiește producerea unei răciri prealabile a gazului care intră în ciclu. În acest

scop se folosește amoniacul. Răcirea cu amoniac determină scăderea temperaturii inițiale a gazului, fapt care micșorează cantitatea necesară de frig pentru lichefierea unei unități de gaz. Pentru răcirea prealabilă cu amoniac se instalează un schimbător de căldură cu amoniac, care scade temperatura pînă la aproximativ —45°C.

După lichefierea heliului, ceea ce a însemnat atingerea temperaturii de —269°C, lupta pentru coborîrea temperaturii a continuat. De data aceasta fizicienii s-au gîndit să utilizeze presiunea joasă, cunoscîndu-se faptul că lichidele la o presiune joasă fierb la temperaturi mai scăzute. În baza acestui principiu au fost realizate instalații cuprinzînd un întreg sistem de pompe, cu ajutorul cărora se obținea o evaporare intensivă la suprafața gazului lichefiat. Dacă vaporii emanați în timpul fierberii heliului sînt aspirați repede cu pompe puternice, heliul fierbe la temperaturi mai scăzute. Pe de altă parte, fizicianul sovietic P. Kapița a reușit să pună în practică ideea de a coborî temperatura vaporilor de heliu forțîndu-i să se destindă și concomitent, să producă lucru mecanic pe seama energiei lor interne. Kapița a realizat o instalație de răcire a cărei parte principală era o turbină minusculă capabilă să efectueze 41 000 de rotații pe minut și care folosea pentru frecarea sa proprie energia gazului ce o acționa, adică a heliului, ceea ce ducea la o scădere sensibilă a temperaturii. În felul acesta temperatura a coborît cu încă 3,5°, rămînînd pînă la limita zeroului absolut doar 0,7°.

În acest stadiu cercetările au stagnat un timp. Lupta se ducea acum pentru fracțiunile ultimului grad, pentru zecimi, sutimi și chiar miimi de grad. Nu se obțineau însă succesele dorite, astfel că s-a pus din nou problema găsirii unei noi metode care să ne apropie de zero absolut. În această direcție au venit în ajutor fenomenele magnetice. În 1926 fizicienii Debye și Giauque au avut ideea de a folosi, pentru coborîrea temperaturii sub 0,7°K, proprietățile magnetice ale corpurilor.

Se știe că atunci cînd o substanță paramagnetică izolată termic se demagnetizează, temperatura sa scade. Acest fenomen a determinat pe Debye și Giauque să se gîndească la posibilitatea obținerii temperaturilor foarte joase prin

demagnetizarea adiabatică (fără schimb de căldură cu exteriorul) a sărurilor paramagnetice, răcite în prealabil la temperaturile corespunzătoare heliului lichid.

Aplicarea metodei propuse de Debye și Giauque a întîrziat însă pînă în 1933, cînd au fost publicate primele rezultate încurajatoare. Metoda propusă de Debye și Giauque pentru obținerea temperaturilor foarte joase, sub 0,7°K, este astăzi cunoscută sub numele de metoda *demagnetizării adiabatice.*

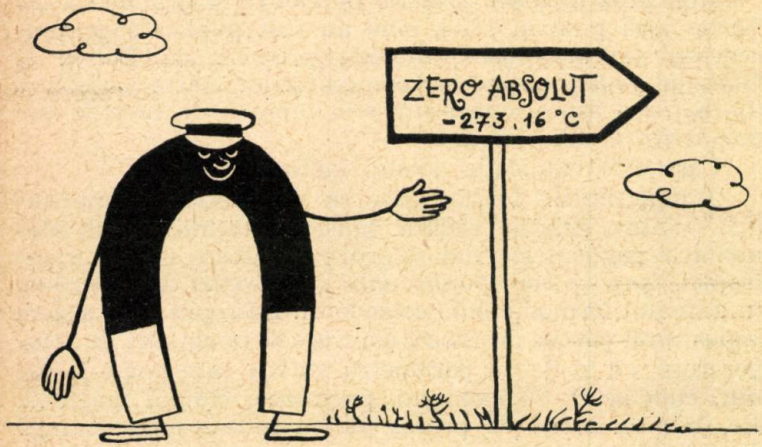
Care este explicația acestei metode ?

Temperaturile foarte joase se caracterizează nu numai printr-o energie redusă (mișcare termică mult atenuată) a particulelor, dar și printr-o valoare redusă a entropiei, ceea ce corespunde unui grad redus de dezordine în sistemul termodinamic considerat. Entropia unui sistem supus unui proces de răcire oarecare depinde atît de temperatură, cît și de un parametru extern care poate fi variat, cum ar fi, de exemplu, presiunea, cîmpul magnetic etc. Într-un astfel de proces putem întotdeauna distinge două etape esențiale. In prima etapă, parametrul extern este variat izotermic, în sensul descreșterii entropiei. În această transformare termodinamică sistemul considerat primește lucru mecanic și cedează căldură. În a doua etapă a procesului de răcire, parametrul extern este variat în sens contrar, transformarea fiind însă adiabatică. In această transformare entropia totală nu variază, însă temperatura sistemului scade.

Debye și Giauque au fost primii care au arătat că anumite săruri paramagnetice, ca alaunul de crom și potasiu sau sulfatul de gadoliniu, satisfac condițiile de mai sus în bune condiții.

Într-adevăr, dacă ionii din rețeaua cristalină a unei sări paramagnetice sînt destul de distanțați astfel încît energiile lor de interacțiune să fie mici în comparație cu energia de agitație termică la 1°K, orientarea lor spațială este dezordonată. Din acest motiv entropia este mare. Dacă însă se aplică un cîmp magnetic destul de intens pentru ca energia magnetică a ionilor să fie de același ordin de mărime ca și energia agitației termice, atunci o bună parte dintre ioni vor fi orientați paralel cu cîmpul magnetic, și în acest fel entropia va scădea. Rezultă, așa-

dar, că, dacă o sare cu proprietăți convenabil alese se magnetizează izoterm, de exemplu în contact termic cu un criostat cu heliu lichid, iar apoi se demagnetizează



adiabatic, întrerupîndu-se contactul cu heliul lichid, temperatura sării va coborî sub temperatura heliului lichid. Cum se realizează în practică metoda demagnetizării adiabatice ?

O sare paramagnetică este atîrnată într-un recipient înconjurat de heliu lichid sub o presiune constantă. Înăuntrul acestui recipient există o anumită cantitate de heliu gazos pentru stabilirea contactului termic necesar dintre sare și pereții recipientului. Cînd se aplică cîmpul magnetic, temperatura sării crește, dar căldura este preluată repede de gaz, sarea rămînînd sub acțiunea cîmpului magnetic la temperatura heliului în fierbere. După aceasta heliul gazos este evacuat astfel încît sarea rămîne izolată din punct de vedere termic, iar cîmpul magnetic se întrerupe. Temperatura sării scade.

Pe măsură ce condițiile tehnice s-au îmbunătățit, temperatura a coborît pe calea demagnetizării adiabatice ajungînd în 1949 la o valoare foarte apropiată de zero absolut : 0,0014°K.

Fizicienii nu s-au mulțumit însă nici cu atingerea acestei temperaturi ultrajoase. Ei au imaginat procedee

care au extins metoda demagnetizării adiabatice și la nucleele atomice. Perfecționîndu-se mereu tehnica de lucru, în special în ceea ce privește cîmpurile magnetice aplicate și izolația termică a instalației, s-a ajuns ca în 1960 să se obțină o temperatură de necrezut : 0,000001°K ! Ultima milionime de grad ! Astfel de temperaturi în natură nu cunoaște nici măcar astronomia. În întrecere cu universul a învins omul !

Proprietăți ciudate și utilizări

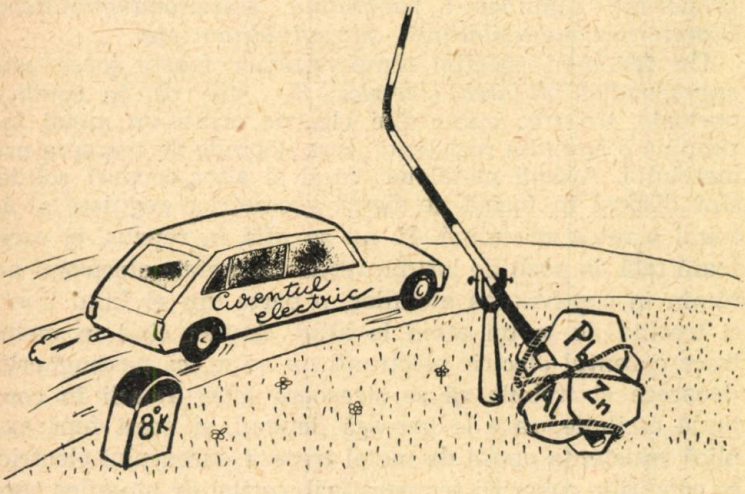
Am văzut mai sus ce succese importante au obținut cercetătorii în domeniul temperaturilor ultrascăzute. Folosind cu pricepere proprietățile materiei ei au izbutit să obțină temperaturi joase record. Dar nu goana după recorduri a fost scopul strădaniei lor, ci studiul proprietăților materiei în condițiile temperaturii ultrascăzute. Așteptările n-au fost zadarnice. S-a constatat că, la temperaturi apropiate de zero absolut, multe substanțe capătă proprietăți uimitoare : *friabilitate, supraconductibilitate, supratermoconductibilitate, suprafluiditate* etc.

Un fenomen specific temperaturilor foarte joase este *supraconductibilitatea electrică*. Se știe că, în condiții normale, trecerea curentului electric printr-un metal întîmpină o anumită rezistență, care depinde de temperatura metalului. Atomii metalelor, ca și ai altor corpuri solide, sînt dispuși în formă de figuri geometrice regulate alcătuind o rețea cristalină. Ei nu se află în repaus, ci oscilează față de pozițiile lor din rețea. La metale electronii nu rămîn în captivitatea atomilor, o parte din ei fiind liberi și trecînd de la un atom la altul. Atunci cînd în metal trece curentul electric electronii nu se mișcă nestingheriți deoarece ei trebuie să se strecoare între atomii în continuă oscilație, care le barează drumul, și acest fapt explică rezistența opusă de metal trecerii curentului electric. În condițiile coborîrii temperaturii, oscilațiile atomilor care alcătuiesc rețeaua cristalină se micșorează, ceea ce are ca rezultat o micșorare corespunzătoare a rezistenței opuse mișcării electronilor.

Ce rezultă de aici ? Că un conductor ideal, un conductor supraconductibil, care să transporte energia electrică fără pierdere, ar putea fi totuși realizat prin coborîrea temperaturii unui anumit conductor pînă la limita lui zero absolut. Chiar pînă la zero absolut ? Experiența a dovedit în mod surprinzător contrariul.

Într-adevăr, s-a constatat că există aproximativ 20 de metale, printre care plumbul, zincul, aluminiul, staniul, cadmiul, niobiul și altele, care la anumite temperaturi sub 8°K, temperaturi caracteristice fiecărui metal, încetează brusc să opună rezistență trecerii curentului electric, devenind supraconductoare și păstrînd această proprietate atunci cînd micșorăm în continuare temperatura la care se află ele.

Dacă confecționăm un mic inel din mercur solid, congelat în heliu lichid, și apoi apropiem de centrul lui un magnet, creînd astfel prin inducție, în inel, un curent, acesta își va menține timp de mai multe zile intensitatea. La temperatura obișnuită acest curent ar dispărea în cîteva secunde.



În legătură cu fenomenul supraconductibilității, Kamerlingh-Onnes, descoperitorul fenomenului, a făcut o glumă colegilor săi neîncrezători. El a împachetat inelele

congelate, prin care trecea curent, în colete şi le-a expediat prin poştă. Cînd au fost despachetate coletele, aparatele au arătat că în supraconductori mai exista curent.

Multă vreme supraconductibilitatea a rămas pentru ştiinţă o enigmă nedezlegată. Dar oamenii de ştiinţă pătrund tot mai profund în esenţa acelor modificări din structura internă a materiei care se produc la temperaturi foarte scăzute. S-a constatat că atomii unui supraconductor încetează aproape cu totul oscilaţiile şi de aceea nu opun rezistenţă torentului de electroni liberi care se mişcă printre ei.

O ipoteză emisă de savanţii sovietici L. D. Landau şi V. I. Ghinzburg presupunea că într-un supraconductor există pe lîngă electronii obişnuiţi şi un alt fel de electroni, supraconductori, care nu întîmpină nici o rezistenţă în drumul lor.

Proprietatea supraconductibilităţii electrice la temperaturi foarte joase o au nu numai elementele amintite. Există şi unele aliaje care la asemenea temperaturi devin supraconductoare, indiferent de faptul că au sau nu în compoziţia lor elemente supraconductoare. Un astfel de aliaj este cel de aur şi bismut, constituit din elemente care, pînă în prezent, nu s-au arătat a fi supraconductoare.

Este lesne de închipuit ce importanţă colosală ar avea pentru transportul energiei electrice descoperirea unor combinaţii de elemente supraconductoare la temperaturile obişnuite sau, în general, crearea unor condiţii care să permită realizarea de cabluri supraconductoare! Miliarde şi miliarde de kilowatt-ore care se pierd sub formă de căldură, în mediul exterior, datorită rezistenţei întîmpinate de curentul electric în firele de cupru, ar fi economiste, şi astfel energia utilă a lumii ar creşte substanţial.

Ce-i drept, răcirea pe scară mare a supraconductorilor cu ajutorul heliului lichid este deocamdată foarte dificilă. Cu toate acestea, în radiotelescoapele moderne linia dintre antenă şi amplificatorul aparatului de recepţie se răceşte cu ajutorul heliului. Temperatura heliului lichid „linişteşte" atît de mult atomii acestei linii, încît pot fi detectaţi curenţi extrem de slabi atunci cînd se recepţionează semnalele de radio pornite din adîncurile universului.

Tehnica studiază în momentul de față posibilitățile de a utiliza fenomenul supraconductibilității în calcul și automatizare. Au fost create aparate electronice speciale, numite *criotroni* bazate pe acțiunea cîmpului magnetic asupra unui supraconductor aflat la temperaturi foarte joase al căror cîmp de aplicare devine din ce în ce mai larg.

În legătură cu fenomenul supraconductibilității se poate face în laborator o experiență spectaculoasă. Se pune într-un vas cu heliu lichid un mic disc de plumb, care, răcindu-se, datorită heliului lichid pînă la aproximativ 4°K, devine supraconductor. În aceste condiții se lasă spre disc un mic magnet. Mișcîndu-se spre disc, magnetul produce în acesta un curent electric, care, datorită lipsei de rezistență electrică a plumbului la temperatura foarte joasă existentă, va circula în disc atît timp cît durează răcirea plumbului cu ajutorul heliului lichid. Dar curentul electric produs în plumbul discului dă naștere la rîndul lui unui cîmp magnetic care se opune căderii magnetului pe disc. Magnetul nu cade pe disc, rămînînd parcă suspendat în aer! Experiența constă în faptul că polul magnetului care cade este respins de polul magnetic de același semn format de discul de plumb în urma magnetizării sale.

Un alt fenomen specific temperaturilor foarte joase este *suprafluiditatea.*

Lichidele sînt, după cum se știe, mai mult sau mai puțin vîscoase. Un lichid cu cît este mai vîscos cu atît curge mai greu, cu atît este mai puțin fluid. Fluiditatea unui lichid se poate măsura lăsînd lichidul respectiv să curgă printr-un tub capilar și determinîndu-i viteza de scurgere.

Apa are o fluiditate relativ mare, putînd să se strecoare prin crăpături foarte înguste, pe unde alte lichide nu pot pătrunde. Ea circulă prin plante parcurgînd drumul de la rădăcini pînă la frunze. În comparație cu apa, o varietate a heliului lichid denumită heliu II are însă o fluiditate de un miliard de ori mai mare! Printr-un tub capilar, prin care o anumită cantitate de apă s-ar scurge în zeci de ani, aceeași cantitate de heliu II se scurge în cîteva secunde. Dacă am putea lua în mînă

heliu II, acest lichid suprafluid s-ar strecura imediat printre degete, oricît de strîns am ține degetele. Pentru heliu II chiar și o crăpătură de o miime de milimetru, insesizabilă cu ochiul liber, constituie o trecere largă! Dacă am imprima heliului suprafluid o mișcare circulară într-un pahar, el ar continua să se miște astfel în pahar foarte multă vreme.

Dar ce este heliu II și ce legătură are el cu suprafluiditatea?

Fenomenul suprafluidității poate fi observat dacă luăm un vas înalt prevăzut la fund cu un orificiu care lasă să curgă radial heliu lichid pe un disc ce acoperă fundul vasului fără însă să-l atingă. Între disc și fundul vasului rămîne o oarecare distanță care poate fi variată și măsurată. Se constată că heliul răcit la 4°K trece foarte încet între fundul vasului și disc (în cîteva minute), dar, de îndată ce temperatura scade sub 2,19°K, aceeași cantitate de heliu, în aceleași condiții de distanță între disc și fund, trece în cîteva secunde. Mai mult, cu cît discul este mai aproape de fundul vasului, deci cu cît trecerea se micșorează, cu atît heliul răcit sub 2,19°K trece mai repede. Care este explicația acestui fapt neașteptat? S-a presupus că la o temperatură mai joasă de 2,19°K heliul este un amestec format din două stări distincte de heliu, denumite heliu I și heliu II. Primul posedă vîscozitate, iar cel de-al doilea este lipsit total de vîscozitate. Neavînd vîscozitate, moleculele heliului II sînt lipsite de agitație termică, deci se găsesc la temperatura de zero absolut.

Pornind de aici, fizicianul sovietic Kapița a emis ideea posibilității coborîrii temperaturii spre zero absolut prin separarea heliului II de heliul I cu ajutorul unor tuburi capilare fine. O asemenea operație presupune însă mari cantități de heliu și sute de metri, poate chiar kilometri, de tuburi capilare.

Heliul lichid este cel mai volatil dintre lichide, mai volatil decît hidrogenul lichid, astfel că cea mai mică cantitate de căldură absorbită de către el îl face să fiarbă violent. Dacă aspirăm cu ajutorul unui sistem de pompe heliul gazos care se formează deasupra celui lichid, temperatura va scădea sub 4,2°K datorită evaporării, iar heliul lichid va fierbe violent, ca oricare lichid. Cînd se atinge

însă temperatura de 2,19°K, fierberea violentă cu bule încetează, evaporarea lichidului continuînd să aibă loc pînă la completa lui transformare în stare de vapori.

Acest fenomen se explică prin faptul că, sub temperatura de 2,19°K, heliul lichid devine foarte bun conducător de căldură și nu se mai creează o diferență de temperatură între fundul vasului și suprafața lichidului, diferență de temperatură necesară formării fierberii. Cu alte cuvinte la temperaturi apropiate de zero absolut heliul capătă încă o proprietate caracterizată prin calificativul „supra", *supratermoconductibilitate.* Iată-ne deci în fața unui nou fenomen ciudat! Într-adevăr, știm că lichidele, spre deosebire de metale, au o conductibilitate termică slabă. Și heliul I conduce greu căldura, conductibilitatea lui termică fiind foarte mică. Heliul II, lipsit de vîscozitate, ar trebui de asemenea să propage foarte greu căldura. Și totuși conductibilitatea termică a heliului II s-a dovedit a fi extrem de mare : de milioane de ori mai mare ca aceea a heliului I și de mii de ori mai mare decît a celor mai buni conductori termici cum sînt metale ca aurul, argintul, cuprul etc. !

Fenomenele ciudate pe care le întîlnim la temperaturi foarte joase nu se limitează la supraconductibilitate, suprafluiditate și supratermoconductibilitate. Heliul prezintă o anomalie și în ceea ce privește căldura sa specifică. Se știe că la orice corp căldura specifică scade cu temperatura și teoretic ea ar deveni nulă atunci cînd temperatura corpului ar atinge zero absolut. Căldura specifică a heliului scade de asemenea cu temperatura, numai că, atunci cînd heliul atinge temperatura de 2,19°K, ea crește pentru ca apoi, cînd continuăm răcirea, să scadă din nou. Curba de variație a căldurii specifice seamănă cu litera grecească λ (lambda), de aceea temperatura de 2,19°K poartă numele de *punctul lambda.*

Dintre fenomenele curioase care se petrec cu heliul lichid la temperaturile foarte joase mai menționăm cel cunoscut sub numele de *filmul mobil.* În ce constă el? Dacă suspendăm deasupra heliului lichid aflat într-un vas o eprubetă goală cu pereți dubli, izolatori, așa fel ca fundul eprubetei să intre în lichid, atunci heliul din vas se ridică pe pereții exteriori ai eprubetei sub forma unui

strat foarte subțire, depășește marginile de sus ale eprubetei și alunecă în eprubetă pînă cînd nivelul heliului din eprubetă devine același cu nivelul heliului din vas.

Făcînd apoi în așa fel ca nivelul heliului din eprubetă să fie mai înalt decît nivelul lui din vas, heliul face drumul invers, se ridică din eprubetă și vine, alunecînd pe pereți, în vasul de unde a plecat. În cazul scoaterii complete a fundului eprubetei din vas, experimentatorii relatează că heliul nu se mai oprește din drumul său de revenire în vas și pleacă în întregime din eprubetă. Stratul acesta subțire de heliu, care alunecă într-un sens sau altul pe pereții eprubetei descrise, poartă numele de *film mobil* și constituie o proprietate a heliului lichid, proprietate care nu se mai întîlnește la celelalte substanțe aflate în stare lichidă la temperaturi mai ridicate.

Fenomene interesante au loc nu numai la temperaturile din imediata apropiere a lui zero absolut. Astfel, chiar la temperatura aerului lichid ați putea vedea cu uimire că un măr sau o minge de cauciuc, căzînd pe podea, s-ar sparge, din cauza șocului, în țăndări mici, ascuțite. Congelate în aerul lichid, ele ar deveni fragile ca sticla. De altfel și untul de vacă ar deveni casant. Proprietățile elastice ale oțelului ar dispare, acesta devenind fragil. Resorturile și arcurile s-ar frînge la prima ciocnire. Plumbul, însă, ar deveni elastic, astfel că dintr-o sîrmă de plumb s-ar putea face un resort bun. El ar deveni și sonor : un clopoțel de plumb ar răsuna ca unul de argint. Unele substanțe ar deveni fosforescente — ele ar emite o lumină rece ; ouăle, de pildă, ar avea în întuneric coaja luminiscentă.

Studiul fenomenelor ce se petrec la temperaturi joase și foarte joase, precum și a căilor de obținere a acestor temperaturi formează astăzi o ramură a fizicii denumită *fizica temperaturilor joase*. Deși temperaturile joase nu determină schimbări radicale în structura materiei, așa cum se întîmplă în cazul temperaturilor și presiunilor ridicate, cunoașterea fenomenelor care apar la asemenea temperaturi este absolut necesară pentru studiul stărilor solide și lichide ale substanței.

Astăzi există numeroase și mari uzine care produc aer lichid. Din aer lichid se obțin părțile lui componente

— azot, oxigen, hidrogen, gazele nobile —, fiecare dintre ele avînd diferite utilizări de o mare importanță pentru industria de azi.

Oxigenul lichid e utilizat pe scară largă în tehnică. Un cartuș încărcat cu o substanță oarecare poroasă impregnată cu oxigen lichid produce o explozie tot așa de puternică ca și dinamita, pentru că într-un mediu de oxigen curat, fără azot, are loc o ardere extrem de vie — o explozie. Tocmai de aceea se folosește ca material exploziv în lucrările miniere, fiind totodată și foarte ieftin.

Oxigenul gazos păstrat în baloane este folosit pentru respirație în zborurile la înălțimi mari sau în adîncurile apelor. Dar baloanele cu oxigen cîntăresc mult. De aceea navele aeriene sînt dotate cu rezerve de oxigen lichid. Un litru de oxigen lichid produce prin evaporare 800 de litri de gaz, iar manipularea lui este evident mult mai comodă decît la instalațiile corespunzătoare cu oxigen gazos. Și motoarele au nevoie de oxigen, pe care îl iau de cele mai multe ori din aer. Atunci însă cînd aerul este insuficient sau inexistent, cum se întîmplă, de pildă, în straturile superioare ale atmosferei sau în spațiul cosmic, atunci crearea rezervelor de oxigen lichid este absolut necesară.

Navele cosmice zboară cu viteze foarte mari, datorită cărora carcasa se încălzește extrem de mult. Pentru a se evita o supraîncălzire primejdioasă, oamenii de știință au propus să se utilizeze pentru răcirea blindajului oxigenul lichid.

Folosirea oxigenului în procesele arderii este binecunoscută. Arderea în oxigen pur este avantajoasă producînd o temperatură mai ridicată. De aceea oxigenul este folosit la sudarea și tăierea metalelor, iar pentru topirea fontei, oțelului și a aliajelor neferoase adesea se recurge la mărirea cantității de oxigen din cuptoare.

Iată deci că oxigenul lichid, obținut cu ajutorul temperaturilor foarte joase, își găsește un cîmp larg de aplicații în respirație și ardere, în răcire și... încălzire!

Azotul, extras și el din aerul lichefiat, are multiple întrebuințări în industria îngrășămintelor, a substanțelor explozibile și a altor produse.

Tehnica nu a lăsat la o parte nici gazele nobile, care se pot de asemenea extrage din aer, iar cu ajutorul temperaturilor foarte joase se pot păstra şi vehicula sub formă lichidă.

Heliul salvează scafandrii de „boala adîncului" înlocuind azotul din aer care la scufundarea în apă pătrunde tot mai mult din plămîni în sînge. Heliul, mai puţin solubil şi mai mobil, se elimină mai uşor din organism prin respiraţie. De aceea în asemenea împrejurări medicii recomandă inhalarea oxigenului amestecat cu heliu, şi nu cu azot. Amestecul de oxigen cu heliu se recomandă de asemenea în afecţiunile gîtului, pentru că acest amestec trece mai uşor decît aerul prin căile respiratorii micşorate.

Studiul temperaturilor foarte joase, precum şi a comportării materiei la asemenea temperaturi, are o importanţă deosebită şi dintr-un alt punct de vedere, anume acela al păstrării sănătăţii omului şi a prelungirii vieţii sale. La temperaturi foarte joase procesele biologice se desfăşoară mai lent, consumul energetic devine mai mic, astfel că în condiţii de hipotermie sînt posibile şi se efectuează astăzi complicate intervenţii chirurgicale, de neconceput în condiţiile temperaturii normale.

În legătură cu aceasta amintim remarcabila experienţă a profesorului francez Louis Rey. În 1958 el a izolat inima unui embrion de pui într-un recipient, în interiorul căruia temperatura a ajuns la —196°C. După un timp în care a rămas congelată la această temperatură foarte coborîtă, inima a fost readusă la temperatura de 37°C, cînd a început să bată normal! Experienţa profesorului Rey a condus la ipoteze din cele mai îndrăzneţe.

Printre altele a fost reluată o idee mai veche, anume aceea a posibilităţii ca martori vii ai zilelor noastre să supravieţuiască generaţii de-a rîndul prin congelare urmată de reanimare, ceea ce ar rezolva problema călătoriilor interastrale a căror durată depăşeşte limitele de vîrstă obişnuite ale omului.

Lumea temperaturilor foarte joase, apropiate de zero absolut, sau, cum se mai spune, a temperaturilor de heliu, preocupă pe oamenii de ştiinţă şi dintr-un punct de vedere mai larg. Cu aceste temperaturi au ei de-a face în spaţiul interstelar. Ce importanţă pot avea acolo minunatele feno-

mene descoperite în laboratoarele fizicienilor ? Sub ce formă se pot ele manifesta în condițiile speciale ale cosmosului ?

Pe de altă parte, în viitor, fizicienii vor putea folosi și ei, fără îndoială, sateliții artificiali și rachetele care zboară în spațiul cosmic drept laboratoare pentru cercetarea supraconductibilității, suprafluidității și a altor fenomene ce au loc la temperaturi foarte scăzute. În astfel de condiții nu va mai fi nevoie de dispozitive complicate, care să producă o răcire artificială profundă. Experiențele se vor putea efectua pe scară întinsă. S-ar putea ca aceste fenomene noi să-și găsească o aplicare practică în tehnica înaintată a zborurilor cosmice, de pildă pentru a acumula energia electrică cu ajutorul supraconductorilor.

Toate acestea constituie, fără îndoială, probleme de mare actualitate ale științei contemporane, a căror rezolvare pasionează mințile iscoditoare ale cercetătorilor.

■ ■ ■

TEMPERATURI ABSOLUTE NEGATIVE

Se poate oare vorbi de temperaturi absolute negative ? E posibil să existe asemenea temperaturi, în ciuda faptului că principiul al treilea al termodinamicii, lege verificată de un mare număr de fenomene, interzice categoric atingerea temperaturii de zero absolut ?

S-ar părea că existența temperaturilor absolute negative contrazice bunul simț științific, la fel cum realitatea contrazice existența, de pildă, a lungimilor negative. Dar pentru a ajunge în domeniul temperaturilor absolute negative ar trebui mai întîi să atingem zero absolut, ceea ce este imposibil !

Și totuși temperaturile absolute negative nu numai că sînt posibile, dar au și fost realizate în practică. E drept însă că astfel de temperaturi au fost obținute pe căi ocolite, fără a trece prin punctul zero absolut, deci fără a se intra în conflict cu principiile termodinamicii. Ele au fost create pe cale experimentală în instalații ingenioase în care au fost transmise cantități suplimentare de energie unor sisteme de corpuri. Cum se explică aceasta ?

In general se știe că dacă condițiile exterioare ale unor sisteme termodinamice nu se schimbă, temperatura acestora crește o dată cu energia lor internă. S-a constatat însă că, ridicînd extrem de mult temperatura unor sisteme, energia lor internă crește și ea, însă nu tinde spre infinit, ci spre o va-

loare mare, dar finită. În continuare, creşterea energiei sistemului pe calea ridicării temperaturii nu mai este posibilă. În schimb se poate comunica energia sistemului şi altfel, cum se întîmplă, de exemplu, atunci cînd injectăm particule încărcate de mare energie în plasma încălzită la temperaturi colosale. Ridicînd mai departe energia sistemului, la un moment dat temperaturile pozitive infinit de mari sînt depăşite şi, printr-un salt, trec în domeniul temperaturilor absolute negative.

Temperaturile negative sînt deci mai „ridicate" decît temperaturile pozitive infinite, şi nu mai joase decît zero absolut! Ele nu se obţin trecînd prin zero absolut nici pornind de la temperaturile pozitive şi nici de la cele negative. Pentru a realiza temperaturi negative este necesar ca elementele sistemului respectiv să se afle în echilibru termodinamic şi să dispună de o stare energetică cît mai ridicată. De asemenea este necesar ca timpul de formare a echilibrului termodinamic să fie mai mic decît cel în care sistemul ar putea să-şi schimbe simţitor energia în urma interacţiunii cu alte sisteme. În practică, pentru a se obţine temperaturi absolute negative au fost introduse cristale de fluorură de litiu într-un cîmp magnetic intens. Cu ajutorul temperaturilor foarte joase, agitaţia termică a atomilor cristalelor a fost extrem de redusă. Momentele magnetice ale nucleelor atomice din cristal fac ca acestea să poată fi comparate cu nişte magneţi minusculi care se orientează în sensul cîmpului magnetic. Dacă în această stare cîmpul magnetic se inversează brusc, atunci „magneţii" rămîn orientaţi împotriva cîmpului magnetic, iar temperatura lor devine negativă.

Lumea temperaturilor negative este o lume ciudată. Astfel, de exemplu, aliajele care la temperaturi pozitive sînt feromagnetice, la temperaturi negative devin... antiferomagnetice, iar sistemele de rezistenţă se comportă ca... amplificatoare. În cazul temperaturilor negative, căldura trece spontan de la corpul mai rece la cel mai cald, efectuînd un lucru mecanic. În schimb, pentru a trece de la corpul mai cald la unul mai rece, ceea ce se întîmplă de la sine în mod obişnuit, trebuie ca sistemului respectiv să i se comunice energie din afară. Cu alte cuvinte, în lumea temperaturilor negative lucrurile se petrec cam... pe dos!

■

HEIKE KAMERLINGH-ONNES (1853—1926)

Cunoscutul fizician olandez Kamerlingh-Onnes s-a născut la Gröninge la 21 septembrie 1853 şi a murit la Leyda la 21 februarie 1926.

Începînd din jurul anului 1880 a activat ca profesor de fizică la Universitatea din Leyda, unde în 1884 a pus bazele unui vestit

laborator de temperaturi joase, care timp îndelungat a fost singurul laborator de acest gen din lume.

În studiile sale, Kamerlingh-Onnes s-a ocupat cu predilecție de cercetarea stării materiei la temperaturile apropiate de zero absolut. În laboratorul său, el a elaborat dispozitive de lichefiere a gazelor, cu ajutorul cărora a reușit să lichefieze hidrogenul și heliul (1908). În 1958 s-a aniversat jubileul de 50 de ani al acestei importante cuceriri a științei. În prezent, în toate țările există zeci de astfel de laboratoare, fără a mai vorbi de fabricile care produc aer lichid pentru scopuri tehnice.

De mare importanță pentru termodinamică sînt studiile sale privind căldura specifică și ecuațiile de stare a materiei la temperaturile joase.

Cercetînd proprietățile fizice ale mai multor corpuri la temperatura heliului lichid, a descoperit în 1911 fenomenul **supraconductibilității electrice**, care are în prezent o largă aplicare practică în tehnica microundelor și a calculatoarelor electronice.

Ca o încununare a rodniciei și importanței muncii științifice pe care a desfășurat-o, primește în 1913 Premiul Nobel pentru fizică.

CONSTANTIN MICULESCU (1863—1937)

Cunoscutul fizician român s-a născut la 6 septembrie 1863 în comuna Crevnicu-Rădulești și a murit la 28 decembrie 1937 în București.

Datorită contribuției sale științifice în domeniul termodinamicii poate fi considerat unul dintre pionierii termodinamicii moderne.

După terminarea studiilor, în timpul cărora s-a făcut remarcat ca un elev strălucit, urmează în paralel cursurile Facultății de științe din București și cele ale Școlii normale superioare. La formarea sa științifică au contribuit ca profesori Em. Bacaloglu, Alexe Marin, Spiru Haret. După terminarea studiilor universitare obține o bursă de stat la Paris, unde pleacă în 1886. Aici își desăvîrșește studiile sub îndrumarea unor oameni de știință de vază, ca G. Lippmann, cunoscut fizician. În 1888 mai obține o licență în științe, iar în 1891 devine doctor în fizică al Universității din Paris.

Lucrarea sa de doctorat, intitulată „Mesure de l'equivalent mécanique de la chaleur" („Măsurarea echivalentului mecanic al căldurii"), are o valoare științifică deosebită, deoarece a constituit cea mai precisă determinare a echivalentului mecanic al caloriei. Experiența efectuată de Miculescu este considerată clasică și citată în toate tratatele de fizică și termodinamică. Valoarea obținută de el (I=4,1857 Joule/cal.) a fost folosită în toate țările.

Se reîntoarce la București și în 1891, la vîrsta de numai 28 de ani, este numit profesor la catedra de fizică a Universității din București. În 1895 ocupă și catedra de fizică medicală a Facultății de medicină.

Desfășoară o bogată activitate didactică și în paralel cu ea își continuă munca de cercetare științifică.

Prelegerile sale ținute la cursuri erau clare, riguroase din punct de vedere științific și la nivelul progresului realizat de știință.

Rezultatele cercetării sale științifice le face cunoscute prin diverse publicații, apărute mai ales în „Buletinul Societății de științe" din București. Astfel, în 1905 descrie o metodă originală, folosită și azi, pentru determinarea indicelui de refracție al unui corp solid în formă de prismă cu ajutorul microscopului, în 1908 o metodă pentru măsurarea diametrului tuburilor capilare, în 1910 o metodă pentru determinarea coeficientului de plasticitate etc.

Ca o apreciere a muncii sale științifice este ales în 1890 membru al Societății franceze de fizică.

Petrochimia

Prof. univ. dr. docent
CONSTANTIN RABEGA

Scurtă biografie

În fiecare dimineață vă încheiați cămașa, vă trageți ciorapii și vă puneți pantofii... Dar nici nu vă gîndiți că de fapt v-ați îmbrăcat cu țiței, gaze de rafinărie și gaz metan ! Știați că, de fapt, cauciucul bicicletei sau al motocicletei este făcut din... gaze ? Că atunci cînd vă doare capul înghițiți o tabletă care-i preparată tot din țiței ! Dar asta nu e totul !

Vă așezați la masă și mîncați cu poftă. Pîinea proaspătă vă îmbie. Dar știați că, pentru ca să dea rod bogat, lanul de grîu a fost îngrășat și apărat de dăunători cu produse din... țiței și gaz metan ? Cana, tava, linguriță pe care le folosiți dimineața la ceai sînt, de asemenea, fabricate pornind de la produse petroliere. La fel mantaua de ploaie, geamantanul, caroseria automobilului și multe, multe alte obiecte pe care le folosim zilnic... Și toate acestea se obțin cu ajutorul petrochimiei.

Dacă ați fi întrebat pe un chimist acum vreo 50 de ani ce este petrochimia, ar fi ridicat nedumerit din umeri. Petrochimia este o nouă ramură a tehnologiei organice de sinteză.

Dar ce este petrochimia ? Schematic, această nouă ramură a chimiei industriale ar putea fi ilustrată prin „ecuația" :

Petrol + gaze + chimie = petrochimie.

Intr-adevăr, obiectul de cercetare al petrochimiei reprezintă prelucrarea pe cale chimică a țițeiului, a gazelor de sondă, a gazelor de rafinărie și a metanului în vederea transformării lor în produse cu o valoare mult mai mare decît a substanțelor inițiale. Pentru a înțelege mai ușor avantajele prelucrării chimice a țițeiului, iată un exemplu : în timp ce valoarea unei tone de țiței crește numai de patru ori prin utilizarea ei drept combustibil, sub formă de produse petrochimice valoarea ei se mărește de patruzeci de ori.

Se știe că la începutul dezvoltării industriei chimice de sinteză materiile prime supuse prelucrărilor erau furnizate de gudroanele rezultate la distilarea cărbunilor în cocserii. Pe baza lor au început să ia avînt industriile coloranților și a medicamentelor. Apăruse astfel o nouă ramură a industriei chimice de sinteză — *carbochimia*, adică industria care valorifică cărbunele pe cale chimică. În același timp, pentru diverse sinteze chimice, industria apela și la materii prime de origine vegetală sau animală, mult mai scumpe decît cărbunele.

O dată cu creșterea continuă a consumului de produse chimice a început să fie simțită nevoia unor cantități din ce în ce mai mari de gudroane, din care să se extragă substanțele necesare diverselor sinteze. Dar producția de gudroane și alte subproduse cocsochimice nu putea fi mărită oricum, deoarece ele depind direct de cantitățile necesare de cocs (acesta fiind produsul principal al cocseriilor). Astfel, dezvoltarea industriei chimice de sinteză era oarecum limitată. Atunci au intervenit țițeiul, gazele naturale și gazele de rafinărie. An de an, acestea din urmă au început să fie utilizate tot mai intens, reușind pînă la urmă să detroneze carbochimia, întronînd petrochimia.

Noua „vedetă" oferea slujitorilor ei mult mai multe avantaje, adică o gamă mult mai largă de materii prime. După cum se poate constata, petrochimia a apărut în arena industriei ca o necesitate. Aceasta s-a petrecut pe la începutul secolului nostru. Este de reținut că printre cei

dintîi oameni de știință care au văzut în țiței și altceva decît un combustibil a fost românul Lazăr Edeleanu. În 1908 el brevetează procedeul de extragere a hidrocarburilor aromatice mononucleare (benzen, toluen, xilen, pseudocumen) din țiței cu ajutorul bioxidului de sulf lichid, care le dizolvă selectiv.

O altă realizare, de astă dată în domeniul chimizării gazului metan, se obține între 1916 și 1919, cînd pentru fabricarea cianamidei de calciu (îngrășămînt chimic) se folosește azot produs prin arderea metanului într-un volum limitat de aer. În 1936 se obține la noi pentru prima oară negru de fum din metan și este dată în funcțiune la Tîrnăveni prima instalație din Europa pentru fabricarea amoniacului sintetic cu ajutorul gazului metan. În 1941 la Uzinele chimice din Copșa Mică se obține pentru prima dată în lume aldehidă formică prin oxidarea metanului.

În ultimele două decenii petrochimia a cunoscut un avînt continuu. După apariția ei, s-au purtat numeroase discuții atît în privința direcțiilor de chimizare a țițeiului, a gazelor de sondă, a gazelor de rafinărie și a metanului, cît și în privința denumirii pe care o va purta această nouă ramură a industriei chimice organice. Astfel, unii specialiști erau de părere ca noua ramură să se numească *petrochimie*, spre deosebire de alții, care preferau denumirea de *petrolochimie*. La această discuție au intervenit și filologii, care susțineau că, din punct de vedere etimologic, n-aveau dreptate nici unii nici alții, deoarece prima denumire înseamnă „chimia pietrelor", iar ultima „chimia petrolului lampant". Pentru lichidarea acestui impas etimologic s-a propus denumirea de *țițeochimie*, ținînd seama de faptul că țițeiul constituie materia primă fundamentală a petrochimiei. (Cuvîntul *țiței* provine de la *titia*, care în limba latină înseamnă *zer*, deoarece emulsia apoasă de țiței care putea fi văzută pe vremea dacilor în regiunile petrolifere de azi era albă ca zerul.) Pînă în cele din urmă practica și-a spus cuvîntul, astfel încît denumirea de petrochimie, avînd o circulație mai intensă decît celelalte denumiri propuse, s-a păstrat, deși nu era cea mai justă.

Pe plan mondial importanța petrochimiei și ponderea ei în volumul global al industriei chimice au crescut ver-

tiginos mai ales în ultima vreme. Astfel, în timp ce în 1925 s-au produs în toată lumea numai 75 tone de produse petrochimice, în 1940 volumul lor a fost de 170 000 de tone, iar în 1958 de 20 000 000 de tone. În această perioadă de avînt industrial petrochimia a devenit pivotul industriei chimice organice. În prezent produsele petrochimice reprezintă pe plan mondial 15% din întreaga producție chimică, iar valoarea lor o treime din cea a întregii producții chimice.

Datorită resurselor de țiței și gaze naturale existente în țara noastră, petrochimia românească se dezvoltă necontenit. Această nouă ramură a industriei chimice organice a căpătat un elan corespunzător posibilităților ei abia în anii construcției socialiste, după ce au fost alocate fondurile de investiții necesare pentru crearea bazei ei de dezvoltare.

O nouă tehnologie chimică

Pentru ca industria chimică să poată folosi fracțiunile de țiței, gazele de sondă, gazele de rafinărie și gazele naturale în locul produselor obținute din cărbuni, a fost necesar să se aplice mijloace tehnice noi, pe lîngă cele folosite curent în industria petrolieră. Astfel a apărut tehnologia petrochimică. Aceasta cuprinde cunoștințele și metodele de lucru pentru :

— separarea din țiței și gaze a unor componente pure sau a unor amestecuri în care una sau mai multe componente active pentru reacțiile chimice se găsesc în concentrație mare ;

— transformarea prin mijloace chimice a acestor componente în substanțe chimice active, care să fie apoi folosite în industriile chimice drept materie primă.

În urma unor prelucrări petrochimice, din fracțiunile țițeiului se obțin numeroase produse. Astfel, din benzină, rezultată prin distilarea fracționată a țițeiului, se obțin unele hidrocarburi (ciclohexanul, benzenul și omologii lui) care sînt transformate prin prelucrări ulterioare în produse intermediare (fenol, stiren, acetonă, anhidridă ftalică, acid tereftalic) necesare fabricării unor fibre sintetice, cum este

relonul, a unor materiale plastice, ca bachelita și polistirenul, a cauciucurilor sintetice, a unor antidăunători, plastifianți, coloranți, medicamente etc. Din petrol lampant se obțin detergenți, emulgatori și agenți de înmuiere, iar din parafină acizi grași sintetici, plastifianți și adezivi.

Prelucrarea gazelor de sondă furnizează hidrocarburi saturate aciclice, cum sînt etanul, propanul și butanul, care prin transformări chimice duc la polietilenă, polipropilenă, cauciuc sintetic și solvenți.

În urma proceselor de cracare și de reformare catalitică [1] se obțin gazele de rafinărie (amestec de hidrogen, metan, etan, etilenă, propan, propilenă, n-butan, i-butan, n-butilenă, i-butilenă), care servesc la fabricarea polietilenei, poliizobutilenei, a cauciucurilor sintetice, a emulgatorilor și a antidetonanților.

Gazul metan constituie o materie primă valoroasă în vederea fabricării materialelor plastice (clorură de polivinil, poliacetat de vinil, polimetacrilat de metil, aminoplaste, fenoplaste), a fibrelor sintetice (poliacrilonitrilice), a derivaților clorurați (clorură de metilen, cloroform și tetraclorură de carbon), a negrului de fum și a îngrășămintelor chimice azotoase (azotat de amoniu și uree).

Schematic, iată cum putem reprezenta produșii obținuți din țiței și gaze pe cale petrochimică :

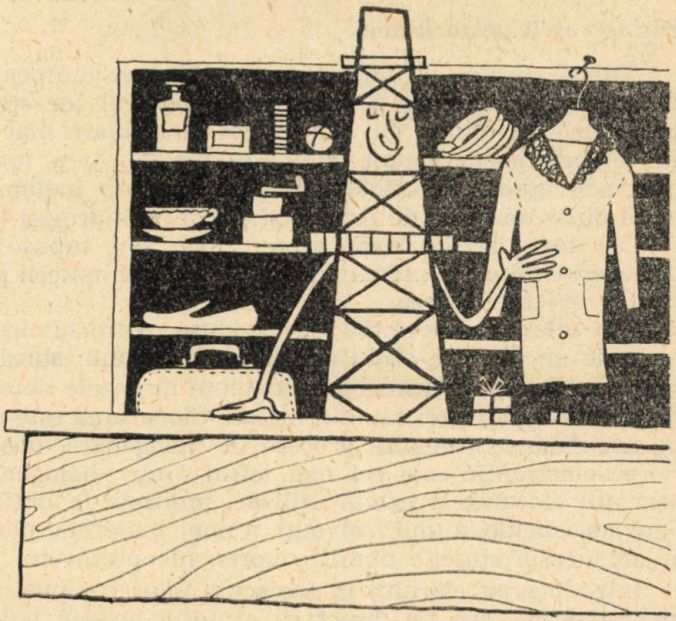
Țiței și gaze →
- *Produse intermediare* → hidrocarburi pure, alcooli, aldehide, acizi, derivați halogenați, nitroderivați, etc. → Produși folosiți la diverse sinteze chimice
- *Produse finite* → carburanți, lubrifianți, materiale plastice, elastomeri, dizolvanți, etc.

Cele mai multe din materiile prime petrochimice din țara noastră provin din zăcămintele de gaz metan, precum

[1] Procese chimice prin care fracțiunile petrolifere grele sînt transformate în fracțiuni ușoare (hidrocarburi cu lanțul molecular mai mic).

și din cele două mari unități industriale : Rafinăria de la Brazi și cea din orașul Gheorghe Gheorghiu-Dej.

După cum se poate constata, petrochimia a contribuit la lărgirea bazei de materii prime a industriei chimice de sinteză din țara noastră și, implicit, la înființarea unor



noi ramuri industriale : industria de îngrășăminte azoase și de îngrășăminte compuse (Craiova, Făgăraș, Rozmov, Tg. Mureș, Turnu Măgurele, orașul Victoria), insecticide (Borzești), cauciuc sintetic (orașul Gh. Gheorghiu-Dej), materiale plastice (Borzești, Brazi, Copșa Mică, Craiova, orașul Gh. Gheorghiu-Dej, Rîșnov), fibre sintetice (Săvinești), detergenți (Ploiești, Timișoara), negru de fum (Copșa Mică, Pitești).

La dezvoltarea petrochimiei românești trebuie relevată, de asemenea, și activitatea institutelor de cercetare, care au pus la punct unele procese tehnologice originale, cum sînt : procedeul de oxidare a parafinei utilizînd ca

inițiatori de reacție razele γ, obținerea acetilenei din metan cu ajutorul arcului electric, separarea benzenului din produsele obținute la reformarea catalitică, fabricarea neîntreruptă a dimetiltereftalatului etc.

Din secretele petrochimiei

Țițeiul conține un număr foarte mare de hidrocarburi. În timpul prelucrării petrochimice numărul lor sporește prin nașterea altora, cu dimensiuni moleculare mai mici. În schimb, gazul metan (mai ales cel din țara noastră) cuprinde aproape în totalitate hidrocarbura metan, formată dintr-un atom de carbon și patru de hidrogen (CH_4).

Dar toate aceste hidrocarburi mai sînt supuse unor prefaceri chimice pentru a putea deveni apoi materii prime pentru diverse sinteze.

Din cele aproape 4 000 de produse petrochimice mai mult de un sfert se obțin cu ajutorul clorului, adică prin clorurarea unor hidrocarburi existente în gazele de sondă, de rafinărie, din țiței sau din metan. Clorurarea este avantajoasă față de celelalte procese de halogenare, deoarece clorul electrolitic este cel mai ieftin dintre halogeni, iar derivații cloruraţi prezintă utilizări multiple la obținerea unor insecticide, a unor solvenți, a unor materiale plastice, a cauciucului sintetic numit sovpren (neopren) etc.

Introducerea clorului în molecula unor compuși organici se poate face fie direct cu ajutorul acestui halogen, fie indirect, cu ajutorul acizilor lui oxigenați, al unor cloruri etc. Hidrocarburile saturate, adică acelea care n-au valențe libere, se clorurează prin reacții de substituție, cînd unul sau mai mulți atomi de hidrogen sînt înlocuiți cu unul sau mai mulți atomi de clor.

Hidrocarburile nesaturate, în schimb, se clorurează în urma unor reacții de adiție, adică de alipire (în anumite condiții și aceste hidrocarburi pot participa la reacții de substituție). În cazul acesta unul sau mai mulți atomi de clor se adaugă moleculei, care își pierde valențele libere devenind saturată.

Iată acum două exemple de reacții tipice folosite în industria petrochimică.

Metanul (hidrocarbură saturată) se clorurează obținîndu-se clorura de metil. Clorurarea poate merge însă mai departe, cînd prin înlocuirea a doi atomi de hidrogen se obține clorura de metilen (CH_2Cl_2), sau prin înlocuirea a trei hidrogeni, cloroformul ($CHCl_3$). Hidrogenul poate fi înlocuit și în totalitate ; se obține atunci CCl_4, sau tetraclorura de carbon, substanță lichidă utilizată drept dizolvant.

$$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$$
$$CH_3Cl + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl_2 + HCl$$
$$CH_2Cl_2 + Cl_2 \rightarrow CHCl_3 + HCl$$
$$CHCl_3 + Cl_2 \rightarrow CCl_4 + HCl$$

Etilena (hidrocarbură nesaturată) se clorurează la temperatură scăzută (40°C) printr-o reacție de adiție, dînd dicloretan :

$$CH_2 = CH_2 + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl - CH_2Cl$$

În schimb, la 500°C are loc o reacție de substituție și se formează clorură de vinil (C_2H_3Cl), materie primă pentru fabricarea policlorurei de vinil, importantă masă plastică.

$$CH_2 = CH_2 + Cl_2 \rightarrow CH_2 = CHCl + HCl$$

Hidrocarburile ciclice, adică acelea care au catena în formă de inel, se clorurează și ele fie prin reacții de adiție, fie prin reacții de substituție. Benzenul, de pildă, o binecunoscută hidrocarbură ciclică nesaturată, se poate clorura la lumină printr-o reacție de adiție dînd hexaclor-ciclohexan, sau la întuneric printr-o reacție de substituție, cînd dă monoclor-benzen. Primul produs este puternic insecticid ; al doilea o materie primă valoroasă pentru industria chimică de sinteză.

În prelucrarea chimică a țițeiului, a gazelor de sondă, a gazelor de rafinărie și a metanului, pe lîngă procesul halogenării se utilizează și alte procese, cum sînt, de exemplu, nitrarea, sulfonarea, oxidarea, hidrogenarea, reducerea etc.

Nitrarea este procedeul prin care introducem în molecula unei substanțe organice una sau mai multe grupări nitro (—NO_2). Cînd gruparea nitro este legată direct de atomul de carbon rezultă un nitroderivat :

$$R - H + HO - NO_2 \rightarrow R - NO_2 + H_2O,$$

iar cînd această grupare se leagă de un atom de carbon prin intermediul unui atom de oxigen se obţin esteri ai acidului azotic. De exemplu, prin acţiunea acidului azotic asupra glicerinei se obţine triazotat de glicerină, sau trinitroglicerină, substanţă din care se fabrică dinamita.

Prin nitrare se obţin nitroderivaţi alifatici, utilizaţi ca dizolvanţi, plastifianţi şi carburanţi, precum şi nitroderivaţi aromatici, dintre care cei mai însemnaţi sînt nitrobenzenul şi para-nitro-anilina. Primul serveşte la fabricarea unor substanţe intermediare în industria coloranţilor : anilina şi benzidina, iar al doilea în sinteza organică.

Prin sulfonare introducem în molecula unei substanţe una sau mai multe grupe sulfonice (—SO_3H) legate de un atom de carbon ; se obţine astfel un acid sulfonic (R—SO_3H). De exemplu, etilena dă prin sulfonare sulfat acid de etil :

$$CH_2 = CH_2 + HO - SO_3H \rightarrow CH_3 - CH_2 - O - SO_3H$$

Prin sulfonarea naftalinei cu acid sulfuric concentrat sau cu acid sulfuric oleum se obţine un amestec de acizi sulfonici (mono, di, tri şi tetrasulfonici).

Prin sulfonarea α-naftil-aminei se obţin acizi sulfonici utilizaţi în industria coloranţilor : acidul naftionic, acidul Laurent, acidul Cleve, iar din β-naftol rezultă acidul Schaeffer.

Prin sulfoclorurarea hidrocarburilor parafinice se obţin mersolii, utilizaţi ca emulgatori, detergenţi şi agenţi de înmuiere. Aceştia sînt din punct de vedere chimic sulfonaţi de sodiu ai hidrocarburilor parafinice.

Oxidarea este, de asemenea, un proces chimic utilizat în petrochimie. Este de semnalat că prima instalaţie în lume pentru oxidarea metanului la aldehidă formică — aşa cum am mai spus — a fost realizată la Uzinele chimice din Copşa Mică.

La început metanul este oxidat la metanol :

$$2\ CH_4 + O_2 \rightarrow 2\ CH_3OH$$

Metanolul, la rîndul lui, trece prin dehidrogenare în formaldehidă :

$$CH_3OH - H_2 \rightarrow HCOH$$

Oxidul de etilenă $(CH_2)_2O$, rezultat prin oxidarea etilenei cu aer, se utilizează în sinteza organică. Cu ajutorul acestui oxid se obțin glicolul, glioxalul, tiodiglicolul, iperita, acrilonitrilul, trietanol-amina etc., importante materii prime în industria coloranților și medicamentelor.

Sinteza directă, pornind de la elemente sau compuși foarte simpli, este folosită și ea. De exemplu, în prezența unor catalizatori de cobalt la 180—200°C, sau catalizatori de fier la 250—280°C din oxid de carbon și hidrogen se obține un amestec foarte bogat în hidrocarburi, alcooli inferiori și superiori. Cînd se lucrează cu catalizatori de fier la o temperatură mai mare de 315°C și la o presiune de 15—16 atm. se obține o benzină cu o cifră octanică de circa 80.

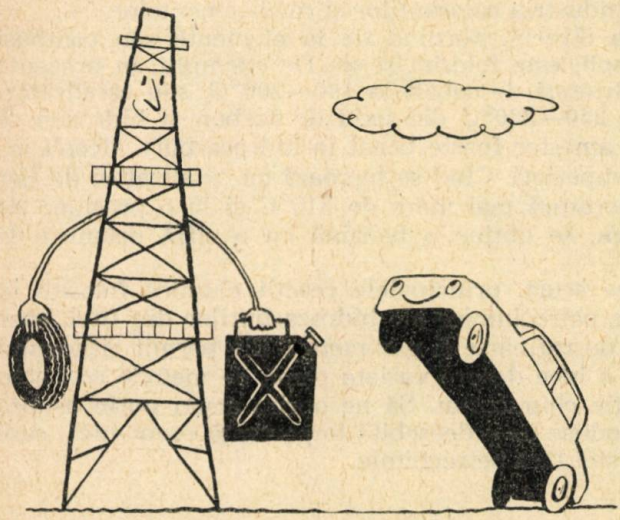
Iată, pe scurt, principalele reacții chimice folosite în prefacerile petrochimice ale hidrocarburilor din țiței, gaze de sondă, de rafinărie și gaz metan. Ele permit cititorului să-și facă o idee despre variata gamă de metode ce-i stau la dispoziție chimistului. Să ne oprim acum puțin asupra cîtorva produse de o deosebită importanță economică, care n-ar fi existat fără petrochimie.

CAROM — cauciuc din țiței !

Este indiscutabil că petrochimia a permis întronarea domniei cauciucului sintetic. Cunoscut pentru prima oară de europeni cu ocazia descoperirii Americii de către Columb, elasticul material a devenit în zilele noastre de neînlocuit. Fabricat întîi din sucul arborelui brazilian Hevea și apoi pe cale sintetică din alcool etilic după metoda Lebedev, cauciucul a demonstrat că atunci cînd știința și tehnica își dau mîna poate fi fabricat și din... țiței. Mai mult, petrochimia a reușit turul de forță nerealizat de natură : a creat o întreagă gamă de cauciucuri, fiecare cu anumite caracteristici. Natura n-a oferit decît un singur sort, și acela cu destule defecte. Astăzi, pe cale chimică, se pot realiza cauciucuri rezistente la frecare, la solvenți, la temperaturi ridicate etc., după dorința omului de știință.

Dezvoltarea industriei grele și îndeosebi a industriei mijloacelor de transport a produs o creștere vertiginoasă

a consumului de cauciuc. Cum producția de cauciuc natural este strîns legată de condițiile climatice, țările situate la nord și sud de ecuator și-au pus problema producerii lui pe cale sintetică. Bineînțeles că și aceasta era legată de o con-



diție : existența surselor de materie primă. Astăzi, pentru unele sorturi de cauciuc sintetic materia primă este furnizată de țiței pe bază petrochimică.

Țara noastră, dispunînd de surse de materii prime necesare fabricării cauciucului sintetic, a creat în anii construcției socialiste Combinatul de cauciuc sintetic din orașul Gh. Gheorghiu-Dej, unde astăzi se produce CAROM-ul. Dar ce este el ? Nimic altceva decît cauciucul butadien -α-metil-stirenic. Numele de CAROM îi vine de la prescurtarea cuvintelor „cauciuc românesc".

În cadrul combinatului, CAROM-ul se fabrică pe bază de butadienă și α-metil-stiren. Ambele materii prime se obțin în cadrul combinatului, pe cale petrochimică.

Butadiena — o hidrocarbură liniară cu patru atomi de carbon și două duble legături — se produce plecîndu-se de la butan prin dehidrogenarea catalitică în două trepte. Prin dehidrogenare înțelegem scoaterea hidrogenului dintr-o

moleculă. Ea este catalitică, deoarece se produce în prezența catalizatorilor.

Pentru fabricarea butadienei se pornește de la butan și fracțiunea butan-butenă, produse provenite de la rafinăriile de țiței. În prima fază butanul este dehidrogenat și transformat în butenă. În a doua fază butena este dehidrogenată mai departe pînă la butadienă.

Cea de-a doua substanță, α-metil-stirenul, se obține din izopropil-benzen tot prin dehidrogenare catalitică, izopropil-benzenul obținîndu-se, la rîndul său, din benzen și propenă — produse realizate pe cale petrochimică.

Odată fabricate, butadiena și α-metil-stirenul (monomerii CAROM-ului) sînt puși să reacționeze unul cu altul în anumite condiții ; chimiștii spun că are loc un proces de copolimerizare. Rezultatul ? Cauciucul sintetic.

De curînd, la combinatul de cauciuc sintetic și produse petrochimice a intrat în producția industrială un nou tip de cauciuc sintetic : CAROM-1 712. El se fabrică tot prin copolimerizarea butadienei cu α-metil-stirenul, dar au un conținut de 37,5 părți ulei aromatic la suta de părți de polimer. Noul tip de cauciuc prezintă multiple avantaje economice, prețul de cost fiind cu circa 30% mai mic decît sortimentele similare. În același timp, articolele obținute din el prezintă caracteristici fizice-mecanice îmbunătățite, fapt care duce în primul rînd la prelungirea vieții anvelopelor fabricate. Noul tip de cauciuc este rezultatul cercetărilor întreprinse de specialiștii combinatului.

Iată cum, cu ajutorul petrochimiei, specialiștii din țara noastră au reușit să mute ecuatorul dincolo de paralela de 45°, să „planteze“ o pădure de arbori metalici care astăzi produc un cauciuc de cea mai bună calitate.

Mătase și lînă din țiței și metan

„Vrăjitoriile“ moderne ale petrochimiei nu se rezumă doar la fabricarea cauciucului din țiței. Plecînd de la țiței și gaz metan, chimiștii au reușit să producă lînă și mătase cu unele caracteristici tehnice chiar mai bune decît produsele naturale. Astăzi relonul și melana — mătasea și lîna sintetică — sînt noțiuni de largă circulație. Puțini

știu însă că „bunicii" și „străbunicii" lor — materiile prime — își au originea în străfundurile pămîntului, în marile pungi petrolifere și gaze naturale. Dar să pornim pe calea petrochimică a fabricării lor. Mai întîi relonul. Ce este el ?

La această întrebare un chimist ar răspunde astfel : Relonul ? Este o masă plastică filabilă (se poate trage în fire), care face parte din marea familie a poliamidelor, obținute sintetic abia în 1930 de chimistul Carothers. Industrial se fabrică prin polimerizarea coprolactamei.

Clar și concis. Dar cum se petrec lucrurile în uzină ?

La Săvinești, cetatea fibrelor sintetice din țara noastră, sosesc materiile prime care servesc la producerea relonului : fenol, amoniac, sulf, acid sulfuric etc. Amoniacul și sulful intră în procesele de fabricație secundare, din care rezultă produși intermediari.

Fenolul, produs ce se obține pe cale petrochimică din benzen, este mai întîi hidrogenat și transformat în ciclohexanol (practic în fiecare moleculă de fenol se introduc șase atomi de hidrogen). Mai departe se scot din molecula ciclohexanolului doi atomi de hidrogen prin operația de dehidrogenare și se obține ciclohexanona. Aceasta este purificată, tratată cu diverse substanțe intermediare și transformată pînă la urmă în coprolactamă. Prin polimerizarea acesteia în anumite condiții se produce relonul. Dar nu sub formă de fibre, așa cum îl cunoaștem, ci ca un precipitat, care apoi este spălat, topit și filat.

Și iată cum, plecînd de la țiței, chimiștii au reușit să toarcă fir subțire, întrecîndu-l chiar pe „meșterul" Bombyx Mori, cel ce ne oferă firul subțire al borangicului.

Dar lîna ? Lîna sintetică — melana — tunsă de pe mioarele de oțel de la Săvinești este din punct de vedere chimic o fibră poliacrilică. Ea poate fi fabricată pe cale petrochimică fie plecînd de la țiței, cînd se folosește fracțiunea ce cuprinde propenă, fie plecînd de la metan.

Pornind pe cea de-a doua cale, metanul este transformat mai întîi în acetilenă prin cracare după o metodă realizată la noi în țară. Acetilena rezultată este unită apoi cu acidul cianhidric (obținut tot pe cale petrochimică din metan). Produsul căpătat poartă numele de acrilonitril. Prin polimerizare, adică prin unirea unui mare număr de

molecule de acrilonitril, rezultă poliacrilonitrilul, din care se fabrică apoi prin filare lîna sintetică — melana.

Petrochimia în sprijinul agriculturii

Înainte de 23 August 1944 în țara noastră se foloseau cantități reduse de îngrășăminte chimice și antidăunători, deoarece mai toate erau importate din străinătate la prețuri inaccesibile micilor gospodării agricole. În anii construcției socialiste, partidul, mergînd ferm pe linia mecanizării complexe și a chimizării agriculturii, a reamintit, prin cuvîntul tov. Nicolae Ceaușescu la Congresul al IX-lea al P.C.R., importanța antidăunătorilor în protecția plantelor. Cu acest prilej s-a subliniat necesitatea producerii unor cantități sporite de îngășăminte chimice, insectofungicide și ierbicide.

Mergînd pe linia creării unei industrii chimice proprii de îngrășăminte agricole, în țara noastră s-au ridicat puternice unități industriale. Roznovul a devenit „cetatea" îngrășămintelor azotoase, metanul și aerul atmosferic fiind unele din materiile prime de bază.

Se știe că azotul, prin faptul că intră în alcătuirea aminoacizilor, clorofilei, acizilor nucleici etc., stă la baza tuturor componentelor celulei, făcînd parte integrantă din sistemele enzimatice care intervin în procesele energetice și de sinteză din plantă. De aceea, creșterea și dezvoltarea plantelor depind de azot. Așa se explică atenția deosebită acordată îngrășămintelor azotoase.

Un produs deosebit de valoros (el însuși fiind un bun îngrășămînt chimic) folosit drept materie pentru altele este amoniacul, care se obține pe cale petrochimică pornind de la metan. Pornind de la amoniac și de la alte materii prime, se fabrică azi uree, azotat de amoniu, sulfat de amoniu, fosfat de amoniu etc., importante îngrășăminte chimice cu azot.

Dar plantele au și dușmani. Împotriva lor se luptă cu antidăunători și ierbicide, produse în mare parte pe cale petrochimică, pornind de la țiței, sare și metan. La Combinatul chimic de la Borzești se produc, de pildă, cantități importante de insecticide, într-un sortiment variat, care asigură protecția ogoarelor țării noastre.

Printre antidăunătorii chimici unii compuși organici cu clor dețin primele locuri. Astfel, dintre insecticidele organice clorurate cele mai utilizate sînt D.D.T.-ul și H.C.H.-ul.

D.D.T.-ul se obține din monoclor-benzen și aldehidă triclor-acetică. Înrudiți cu D.D.T.-ul sînt D.F.D.T.-ul și insecticidul numit metoxiclor, sau D.M.T.

Pe lîngă insecticidele menționate se utilizează în același scop și unele hidrocarburi policiclice clorurate. Acestea se folosesc împotriva insectelor din locuințe, în zootehnie, legumicultură, pomicultură etc. Dintre acestea menționăm numai clordanul, heptaclorul, aldrinul și dieldrinul, toate produse pe cale petrochimică.

Iată dar cum petrochimia pune la dispoziția agriculturii o cantitate tot mai mare de îngrășăminte chimice, antidăunători, ierbicide etc., fapt care, în ultimă instanță, înseamnă produse agroalimentare mai bune și mai multe.

*
* *

Iată-ne la sfîrșitul acestui capitol, în care am căutat să prezentăm — sumar, bineînțeles — ce este petrochimia, cu ce se ocupă ea și ce importanță deosebită reprezintă pentru o țară ca a noastră, care are asigurată din plin baza de materii prime. Se confirmă astfel pe deplin previziunea marelui chimist D. I. Mendeleev cu privire la valorificarea superioară a țițeiului. Acesta considera că a arde produsele petroliere este același lucru cu a face focul în sobă cu bancnote. Această concluzie reprezenta previziunea unei uriașe acțiuni a chimiștilor din întreaga lume — sintetizarea produselor petrochimice.

MELAMINA

Melamina — pe numele chimic triaminotriazină — este o substanță valoroasă. Din ea se produce o masă plastică folosită la fabricarea farfuriilor incasabile, a cleiurilor cu o putere adezivă deosebită, a lacurilor care nu se zgîrie etc.

Descoperirea melaminei nu este de dată recentă. În 1834, renumitul chimist german Justus von Liebig, creatorul agrochimiei, a reușit să prepare în laboratorul său o substanță organică cu un bogat conținut de azot, pe care o denumi melamină. Liebig spera ca noua substanță să fie un valoros îngrășământ chimic. Studiind-o, constată că are o serie de proprietăți interesante : stabilitate deosebită, aproape complet insolubilă în benzină și alți solvenți organici, dar ușor solubilă în apă. Curînd Liebig suferă o dezamăgire : melamina preparată nu avea nici un efect asupra dezvoltării plantelor, și deci nu putea fi folosită drept îngrășământ. De aceea, el abandonă studierea în continuare a substanței descoperite.

Timp de o sută de ani, melamina a rămas o simplă curiozitate de laborator. Dar în 1935 chimiștii descoperă faptul că ea se condensează cu aldehida formică, dînd o serie de rășini sintetice cu calități deosebite. Între altele a atras atenția deosebita stabilitate și lipsa de inflamabilitate a melaminei și a derivaților săi. Deși începuse să fie folosită încă mai demult, abia în 1941 s-a reușit să se determine structura sa chimică. Atunci s-a constatat că molecula melaminei conține un nucleu ca al benzenului, dar deosebit de acesta prin faptul că, în loc să fie format din 6 atomi de carbon, este format din 3 atomi de carbon și 3 de azot, așezați alternativ. În plus, de fiecare atom de carbon este legată o grupă amino (— NH_2).

În industrie melamina poate fi preparată prin două metode. Prima pornește de la cianamida de calciu, iar a doua de la uree.

Fabricarea din cianamidă de calciu pornește de la piatra de var (calcar) și cărbune. Aceste două substanțe dau în cuptorul electric carbidul sau carbura de calciu. Tratînd carbidul pulverizat cu azot în cuptoare speciale la 1 200°C, are loc o reacție cu formare de cianamidă de calciu, un cunoscut îngrășământ chimic. Tratînd cianamida de calciu cu apă, se separă hidroxidul de calciu de cianamidă, care, fiind nestabilă, se dimerizează, adică moleculele ei se unesc două cîte două, dînd dicianamidă. Încălzind sub presiune și în prezența amoniacului dicianamida, aceasta se condensează, dînd melamina.

Cea de-a doua metodă pornește de la bioxid de carbon și amoniac. Din acestea se capătă ureea (de asemenea un bun îngrășământ chimic), iar în continuare — sub influența temperaturii și presiunii — melamina.

Astăzi cea mai mare cantitate de melamină se fabrică după prima metodă. Totuși, în ultimul timp, atenția cercetătorilor s-a îndreptat spre cea de-a doua metodă, care este mai economică, deși necesită temperaturi și presiuni ridicate.

Rășinile melaminice, fabricate prin condensarea melaminei cu aldehida formică, sînt un material excelent pentru confecționarea veselei incasabile rezistente la apă și produși chimici. Obiectele produse din această rășină sînt materiale izolante excelente și cu o bună rezistență la temperaturi ridicate. Dar utilizările melaminei nu se opresc aici.

Fără îndoială că ați avut ocazia să vedeți mobila de culoarea mahonului, al cărei luciu nu se teme de zgîrieturi sau apă, pe-

reți frumos tapetați, mobilier de bucătărie sau baie în culorile cele mai variate. La prima vedere nici nu bănuim că avem de-a face cu lemn tratat special. Și totuși, așa este. Ele sînt fabricate din plăci aglomerate din așchii de lemn sau plăci din fibre lemnoase ori din placaj care au fețele acoperite cu o hîrtie sau o țesătură impregnată cu rășini melaminice. Prin melaminare aceste produse capătă un aspect deosebit de atrăgător, devin neinflamabile și ușor de întreținut în condiții igienice.

Aspectul feței lemnului se schimbă dacă se folosesc lacuri melaminice. Acestea dau pelicule incolore, transparente, care nu se îngălbenesc de-a lungul timpului, au o densitate mare, aderă bine de lemn, nu se zgîrie, rezistă la apă și agenți chimici și permit o întreținere ușoară. Dacă lacul conține pigmenți de diferite culori, atunci se transformă în email. Aceste emailuri sînt folosite pentru finisarea obiectelor din lemn, metal sau alte materiale, cum ar fi : automobilele, frigiderele, mașinile de spălat rufe etc. Aceasta explică de ce în ultimul timp industria folosește tot mai intens lacurile de melamină.

Dar utilizările melaminei nu se opresc aici. Ea a găsit întrebuințări și în industria textilă. S-a constatat că, tratînd țesăturile cu rășini de melamină, acestea nu mai intră la spălat, se șifonează și se pătează mai greu, devin mai rezistente la uzură și foc.

Iată de ce melamina formează în prezent obiectul de studiu a nenumărați cercetători, care sînt convinși că această substanță mai are încă multe „rezerve" ascunse în ceea ce privește utilizările.

ANASTASIE OBREGIA (1864—1937)

Anastasie Obregia s-a născut la Iași în 1864. După absolvirea Liceului național urmează Facultatea de științe din Iași, apoi își definitivează studiile la Școala politehnică din Zürich. Student strălucit, Obregia este clasat întîiul la examenul de absolvire a politehnicii. Ca urmare este numit asistent la laboratorul vestitului chimist A. Hantzch. Sub conducerea acestuia își definitivează teza de doctorat și o susține. În 1891 se întoarce în țară.

La plecare, profesorul A. Hantzch îi dă o recomandare, în care spune : „Adeveresc prin prezenta că dl A. Obregia, după absolvirea cursului regulat al secției chimico-tehnice de la școala federală, printr-un examen luat în mod excelent a fost timp de trei trimestre *Hülfasistent* și timp de un semestru al doilea asistent bugetar în laboratorul meu... Pe baza relațiilor mele cu dl. Obregia, pot cu conștiința curată și cu deosebită plăcere să-l recomand călduros pentru a i se încredința orice post în legătură

cu chimia". Această recomandare îi permite să ocupe prin concurs catedra nou creată — în urma separării catedrei lui Petru Poni.

Încă de la începutul carierei sale de profesor, A. Obregia se loveşte de greutăţi. Nu disperă şi răzbate, învingînd. Dă dovadă de iniţiativă, reuşind să-şi organizeze un laborator într-o casă particulară. Acesta va deveni primul laborator de chimie organică al Universităţii din Iaşi.

După terminarea construcţiei clădirii Universităţii, A. Obregia îşi instalează aici un laborator modern, asemănător cu acelea din Zürich, unde el studiase. Aici începe numeroase şi variate studii de chimie organică şi analitică. Avînd un spirit critic deosebit de ascuţit, Obregia nu a publicat decît o foarte mică parte din lucrările efectuate în laborator. Cu toate acestea, el a slujit cu credinţă catedra de chimie organică a Universităţii din Iaşi timp de 45 de ani. El nu a renunţat la ea nici atunci cînd Consiliul universitar din Bucureşti l-a chemat să conducă catedra de chimie organică, rămasă vacantă prin moartea doctorului C. I. Istrati.

Caracterizîndu-l pe Anastasie Obregia, renumitul profesor G.G. Longinescu spunea : „Avea o ţinere de minte uimitoare... stăpînea ca nimeni altul orizontul larg al chimiei organice, atît de greu de cuprins de un singur om, avea o înlănţuire minunată în lecţiile lui care erau puse întotdeauna la punct, vorbea uşor şi cu căldură, înflăcăra şi convingea, avea tot ce caracterizează pe un profesor desăvîrşit". Iar C. V. Gheorghiu spunea : „...îşi apropia studenţii şi prin pasiunea pentru ştiinţă, pe care o răspîndea în jurul său printr-o adevărată contagiune. Pentru asistenţii şi colaboratorii săi era un adevărat părinte, înconjurîndu-i cu o călduroasă dragoste, stimulîndu-i la lucru şi ajutîndu-i la nevoie chiar materialiceşte".

Pedagog neîntrecut, A. Obregia se bucura în rîndurile studenţilor de un respect deosebit. Urmărind stimularea lor şi dorind să-i pregătească cît mai temeinic, A. Obregia a iniţiat şi condus prima excursie cu studenţii în industrie ; aceasta se petrecea în 1907. Toate acestea însumate au făcut ca Anastasie Obregia să-şi capete pe drept cuvînt aprecierea de întemeietor al şcolii de chimie organică din Iaşi. Renumitul profesor se stinge din viaţă la 4 august 1937, regretat de studenţi şi colaboratori, în vîrstă de 73 de ani.

RADU CERNĂTESCU (1894—1958)

Renumitul chimist, pedagog şi militant pe tărîm politic s-a născut în oraşul Huşi la 17 august 1894. Nepot al lui Petru Poni, mama sa fiind fiica renumitului chimist, Radu Cernătescu s-a dovedit de tînăr atras de ştiinţele naturii.

După absolvirea claselor primare urmează cursurile Liceului naţional din Iaşi, secţia reală. La terminarea lor, în 1913, se înscrie la Facultatea de ştiinţe a Universităţii din Iaşi, unde urmează cursurile secţiei fizico-chimice. După trei ani, în 1916,

termină facultatea, iar în 1918 este numit asistent la catedra de chimie-fizică, condusă de profesorul P. Bogdan. Teza de doctorat în chimie și-o susține în 1920. În 1924 obține și titlul de docent în chimie-fizică, iar la 1 ianuarie 1925 este numit conferențiar suplinitor de chimie analitică; definitivarea o capătă în 1928. În 1936 devine titularul catedrei de chimie analitică a Universității. Între anii 1938 și 1940 funcționează ca profesor și la Școala politehnică „Gh. Asachi", unde ține cursuri de chimie-fizică și chimie analitică. La moartea profesorului N. Costăchescu, în 1940, este chemat să preia conducerea catedrei de chimie anorganică a Universității din Iași. În acest post funcționează pînă în 1958, cînd este răpus de boală.

Radu Cernătescu a fost un pasionat om de știință, rezultatul muncii sale științifice fiind cuprins în cele peste 80 de lucrări publicate în diferite reviste de specialitate din țară și din străinătate. Aproape un sfert din lucrările lui cuprind studii privind substanțele complexe, în care dă la iveală concluzii noi, originale. A avut preocupări și în domeniul chimiei biologice. De altfel, încă de mult cercetase împreună cu acad. C. I. Parhon conținutul de cupru din laptele și serul sanguin la cîinii cărora li se extirpase glanda tiroidă. În chimia analitică a stabilit noi metode pentru dozarea argintului, cadmiului, magneziului, cobaltului etc. Se ocupă în ultimii ani de viață de problema analizei polarografice, găsind noi metode pentru dozarea mercurului, arsenicului, argintului, nicotinei etc.

Cercetînd opera științifică a lui Radu Cernătescu, se trage concluzia că el a fost un tumultuos creator care a abordat cele mai variate ramuri ale chimiei și care a dus opera de cercetare pînă la realizarea unor aplicații practice. Datorită meritelor sale este ales în 1948 membru titular al Academiei Române, iar ceva mai tîrziu membru corespondent al Academiei de științe maghiare. De asemenea este ales președintele filialei din Iași a Academiei. Bun organizator, el reușește, grație sprijinului acordat de partid, să reorganizeze pe un plan larg activitatea științifică din Iași, în cadrul Academiei R. S. România. O altă mare realizare în domeniul cercetării științifice la care Radu Cernătescu și-a adus din plin aportul a fost crearea Institutului de chimie „Petru Poni", care s-a construit și organizat după indicațiile sale.

Pe plan social-politic, Radu Cernătescu a fost un dîrz militant și propagandist al ideilor progresiste. De tînăr și-a însușit ideologia clasei muncitoare și a aplicat-o consecvent în întreaga sa activitate. A avut legături cu mișcarea muncitorească încă de la crearea în România a partidului comunist, al cărui membru devotat a rămas întreaga sa viață.

Radu Cernătescu — renumit om de știință, pedagog și militant pe tărîm social-politic — se stinge din viață la 17 ianuarie 1958, în urma unei boli necruțătoare.

Bionica

Prof. univ.
EDMOND NICOLAU

În ultimele două decenii, noua știință a ciberneticii a obținut răsunătoare succese deschizînd drumuri noi în cele mai diferite domenii ale activității umane : tehnică, biologie, lingvistică, economie etc. Cibernetica a permis să se facă un paralelism util între numeroase fenomene biologice, pe de o parte, și tehnice, pe de altă parte, cu ajutorul unor concepte puse în evidență mai înainte de știință. Astfel, de exemplu, se poate stabili un paralelism între mișcările irisului (deschiderea pupilei ochiului) și funcționarea unui aparat fotografic. Sîntem aici în prezența unui fenomen interesant : după o lungă perioadă de evoluție, timp în care suferă numeroase perfecționări, un dispozitiv tehnic se realizează conform unor principii care de sute de milioane de ani acționau în unele sisteme biologice.

Dar acesta nu este singurul exemplu care ilustrează afirmația noastră. Cercetări recente de fiziologie au arătat că de-a lungul fibrelor nervoase se propagă impulsuri electrice de amplitudine constantă, dar care uneori sînt mai frecvente, iar alteori sînt mai rare. Pentru a realiza

paralelismul cu tehnica ne vom raporta la sistemele tehnice de telecomunicație. Atunci cînd se transmit informații de la un punct la altul, în sistemele tehnice se recurge la așa-numitele *semnale modulate*. Este vorba despre anumite semnale care își variază o mărime caracteristică în funcție de informația pe care dorim s-o transmitem. In ultimii ani a luat o largă răspîndire așa-numita *modulație de impulsuri*, la care informația este purtată de o succesiune de impulsuri. În unele sisteme perfecționate, atunci cînd nu se transmite nimic, impulsurile au toate aceeași amplitudine, aceeași durată și se succed unele după altele la același interval de timp. Cu alte cuvinte, frecvența lor de repetiție este constantă. Atunci cînd se transmite informația, frecvența de repetiție a impulsurilor variază. Sîntem în prezența unui sistem cu *modulație în frecvență*.

Practica dovedește că sistemele cu modulație în frecvență au calități superioare altor sisteme de modulație. Acest lucru poate fi verificat de oricine ascultă un program pe unde ultrascurte — la care calitatea redării este mai bună decît pe undele medii, lungi sau chiar scurte. Explicația constă în aceea că în timp ce transmisia pe unde ultrascurte utilizează modulația de frecvență, în cazul celorlalte transmisii se recurge la o modulație de amplitudine. Teoretic se demonstrează că sistemele cu modulație de frecvență sînt mai puțin sensibile la influența perturbațiilor în comparație cu alte sisteme de modulație.

Aceste exemple ne conduc la o concluzie demnă de reținut : în numeroase cazuri, după multe încercări, tehnica ajunge la soluții principial identice cu soluții existente în organismele vii din timpuri imemoriale.

Ne putem întreba atunci dacă nu se poate dezvolta o linie de preocupări care să caute să aplice în tehnică anumite principii ce acționează în organismele vii ? Răspunsul este afirmativ, și tocmai *bionica* este știința care are drept scop aplicarea în tehnică a principiilor descoperite în biologie.

Numele științei are ca rădăcină cuvîntul *bios*, care în limba veche greacă înseamnă viață. El este format prin analogie cu termenul electronică — se observă că ambele cuvinte au aceeași terminație — tocmai pentru a sublinia

legătura bionicii cu tehnica. Se poate fixa chiar și o dată pentru apariția acestei științe : septembrie 1960, cînd a avut loc, la Dytone (S.U.A.), primul *congres de bionică*.

Organe cu proprietăți excepționale

Cibernetica ne-a familiarizat cu o serie de concepte care se dovedesc astăzi de foarte largă circulație. Printre ele este și conceptul de traductor. Amintim că traductorul este un dispozitiv cu o intrare și o ieșire, caracteristic pentru traductor fiind faptul că între mărimea de la intrare și cea de la ieșire există o legătură precisă, dar forma sub care se prezintă informația la ieșire este alta decît aceea a semnalelor de la intrare. Cu alte cuvinte, traductorul „traduce" mărimile. De exemplu, termometrul obișnuit cu mercur traduce temperatura în lungimi ; vitezometrul traduce viteza într-un unghi ; contorul de energie electrică traduce energia consumată în numere etc.

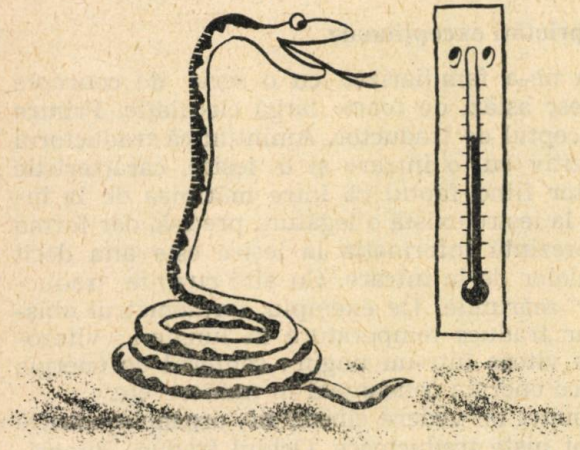
Din acest punct de vedere cibernetic, organele noastre de simț sînt tot niște traductoare. Ochiul traduce intensitatea luminii în frecvența de repetiție a unor impulsuri care se propagă pe fibrele nervului optic. La fel urechea traduce sunetele în semnale nervoase etc.

Desigur că un traductor se caracterizează, printre altele, și prin sensibilitatea sa, în numeroase cazuri el fiind cu atît mai bun cu cît „simte" variații mai mici ale mărimii de la intrare.

Tehnica se mîndrește cu o serie întreagă de realizări excepționale. Astfel, de exemplu, aparatele noastre de radio obișnuite pot „simți" milionimi de volt. Totuși, biologia ne arată că mai avem multe de învățat de la natură. Un exemplu semnificativ îl constituie unele specii de șerpi, care au o capacitate puțin obișnuită de a simți diferențele de temperatură. La termometrele obișnuite pe care le întrebuințăm în medicină o precizie de o zecime de grad este cu totul suficientă. A construi însă termometre care să indice temperatura cu o precizie de o sutime de grad este un lucru mai dificil. Cu toate acestea, la speciile de șerpi amintite organele de simț sînt atît de dezvoltate, în-

cît sesizează chiar și o variație de temperatură de o miime de grad.

Există o explicație naturală a acestui fenomen : șerpii au o capacitate vizuală redusă. Ei nu pot observa deci cu



ușurință mișcările eventualilor dușmani. Dar la speciile de șerpi la care ne referim și care trăiesc, în general, în țări calde, această deficiență este compensată de aparatul termic de care vorbeam : apropierea dușmanului este semnalată tocmai prin modificarea temperaturii mediului ambiant.

La fel de remarcabile sînt și organele de simț cu care sînt dotați unii pești. De exemplu, există unele specii de pești care pot sesiza concentrații extrem de mici de anumite substanțe, mergînd pînă la detectarea a numai 10^{-14} g în litrul de apă, ceea ce corespunde unui gram de substanță la o sută de miliarde de metri cubi de apă !

Nu este lipsit de interes nici faptul că există unele specii de meduze care sesizează apropierea furtunilor. Cercetările au arătat că meduzele respective au un organ în formă de sferă plin cu un lichid în care plutesc anumite formațiuni calcaroase ce acționează asupra unor extremități ale unui sistem nervos rudimentar. Prezența furtunii, chiar și la distanțe mari, se traduce prin apariția — în masa apei de

mare — a unor oscilaţii avînd frecvenţe caracteristice cuprinse între 8 şi 13 oscilaţii pe secundă. Este vorba de oscilaţii infraacustice, care se propagă în întreaga masă a apei, începînd din zona în care are loc furtuna.

În momentul în care în locul unde pluteşte meduza apar frecvenţele caracteristice, organul amintit intră în rezonanţă : formaţiunile calcaroase lovesc terminaţiile nervoase, avertizînd meduza de apropierea unei furtuni.

Specialiştii au reuşit să realizeze un aparat care imită interesantul organ al meduzei. Aparatul constă dintr-o pîlnie şi un rezonator care intră în oscilaţie atunci cînd se produc în mare frecvenţele sus-menţionate. Oscilaţiile mecanice recepţionate sînt traduse apoi în semnale electrice cu ajutorul unui traductor piezoelectric, de exemplu cu un cristal de cuarţ. După o amplificare corespunzătoare, un indicator semnalează eventuala apropiere a furtunii. Aparatul este atît de sensibil, încît poate avertiza echipajul vaselor că se apropie furtuni care se vor manifesta de-abia după 15 ore.

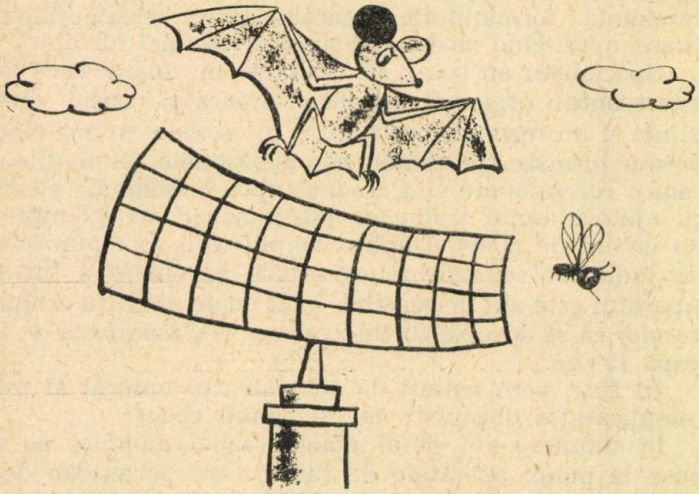
În fine, vom aminti de echivalentul natural al foarte complicatului dispozitiv tehnic numit radar.

În timpul celui de-al doilea război mondial au fost puse la punct aparatele de radar, care permiteau detectarea avioanelor la distanţă, indiferent de condiţiile atmosferice sau de lumină. Principiul de funcţionare era următorul. De la o staţie de emisie se transmiteau în spaţiu unde electromagnetice sub forma unor impulsuri foarte scurte. Aceste impulsuri se propagau în spaţiu, şi dacă întîlneau un anumit corp — un avion, de exemplu — se reflectau şi puteau fi recepţionate de un receptor destul de sensibil dispus lîngă emiţător. Măsurînd timpul care a trecut de la emiterea semnalului şi pînă la recepţionarea sa, se deduce distanţa de la emiţător pînă la obiectul de care s-au reflectat undele. În acest scop este suficient să ţinem seama de relaţia elementară :

$$\text{spaţiu} = \text{viteză} \times \text{timp.}$$

Cunoscînd viteza de propagare a undelor electromagnetice în aer (aproximativ 300 000 km pe secundă) şi timpul, se deduce spaţiul parcurs.

Evident, distanţa de la emiţător pînă la obiectul de care s-au reflectat undele electromagnetice este jumătate din distanţa calculată cu formula de mai sus, deoarece undele s-au dus de la emiţător pînă la obiect şi au revenit de la acest obiect la receptor.



Nu mică a fost surpriza biologilor în momentul cînd au constatat că un aparat funcţionînd pe acest principiu există la lilieci. Cercetări precise au arătat că liliecii reuşesc să vîneze micile insecte din aer recurgînd tocmai la un astfel de procedeu. Anume : în timpul zborului, liliacul emite impulsuri sub forma unor „strigăte", pe care noi nu le auzim, deoarece au frecvenţe dincolo de limita frecvenţelor ce pot fi percepute de auzul lor. Cercetările arată că liliacul poate detecta semnale pînă la 100 kHz, în timp ce urechea umană nu depăşeşte ca sensibilitate 20 kHz.

Dar dacă examinăm mai atent fenomenul, constatăm că nu este suficient ca liliacul să fie informat numai de distanţa de la el şi pînă la insecta pe care o urmăreşte. El trebuie să cunoască în plus şi direcţia în care se află prada sa.

În fond, acelaşi principiu îl întîlnim şi la om. Omul îşi dă seama din ce direcţie vorbeşte cineva numai dacă

îi funcționează ambele urechi. Într-adevăr, obiectul care produce reflecția undelor se comportă ca o sursă care produce unde, exact ca și persoana care ne vorbește nouă. Undele produse în aceste condiții sosesc la cele două urechi parcurgînd distanțe diferite, deci sosesc în momente diferite. Din diferența de timp dintre momentele cînd sosesc la urechi semnalele la care ne referim se poate deduce direcția din care vin semnalele. Astfel, omul determină direcția în care se află persoana care îi vorbește și, analog, liliacul determină direcția în care se află insecta pe care a localizat-o în spațiu.

Tehnicienii au realizat aparate asemănătoare celui existent la lilieci, care utilizează tot ultrasunete și care, prin analogie cu aparatul de radar, se numesc *sonar*.

Astfel de locatoare au fost semnalate și la delfini, care localizează, de asemenea, obiectele din apă cu ajutorul unor unde ultrasonore pe care ei le produc.

Nu este lipsit de interes să arătăm că delfinii comunică între ei cu ajutorul unor semnale avînd frecvențe joase — între 10 și 400 Hz. Pentru localizarea altor obiecte din mediul înconjurător ei emit semnale în gama 750—300 000 Hz. Astfel, delfinul poate localiza obiecte aflate pînă la o distanță de trei kilometri.

Sisteme autoinstruibile

Una dintre cele mai interesante realizări ale bionicii este, fără îndoială, construcția unor aparate care învață singure, pe baza experienței pe care o acumulează.

În această privință s-au efectuat în întreaga lume numeroase cercetări care au condus la o gamă variată de aparate avînd cîteva caracteristici comune. Anume, în primul moment, în prezența unor stimuli exteriori, asemenea aparate dau un răspuns întîmplător. Treptat însă, pe baza experienței acumulate, aparatele „se autoinstruiesc", astfel încît dau răspunsuri după anumite legi.

Un exemplu simplu îl constituie mașina care învață să recunoască litere, adică „să citească", ceea ce reprezintă prima etapă pe care o urmează și un elev atunci cînd începe instrucția elementară. Deci și din acest punct de

vedere sîntem în prezența traducerii în viață a unor principii biologice.

Experiența decurge în modul următor : se prezintă aparatului o serie de desene reprezentînd toate — să spunem — litera *A*, realizată însă în forme diferite și de mărimi diferite. Mașina singură extrage din toate literele caracterele esențiale, astfel încît într-o nouă etapă ea știe să deosebească în mod corect un nou exemplar din litera *A* de litera *B* sau de *X* etc.

Aparatul realizat după acest principiu se numește *perceptron,* tocmai datorită faptului că a căutat să urmărească modul de organizare a conexiunilor nervoase din creier, mai exact, a căutat să urmărească principiile de organizare a acelei părți a sistemului nervos al omului care realizează percepția.

Să urmărim mai îndeaproape funcționarea perceptronului. Să presupunem anume că dorim să recunoaștem litera *X*. Această literă este prezentată în fața unei camere de televiziune, care explorează imaginea transformînd-o într-o succesiune de semnale electrice, pe care le regăsim azi în perceptron într-o așa-numită *zonă de proiecție*. Desigur că putem simplifica instalația înlocuind sistemul de televiziune cu un număr de fotocelule pe care se proiectează imaginea. Aceasta nu modifică cu nimic principiul de funcționare.

Zona de proiecție este interconectată electric cu o așa-numită *zonă asociativă,* unde întîlnim două feluri de elemente avînd între ele conexiuni de tipuri diferite : unele duc la întărirea semnalelor — legături excitatorii —, iar altele, dimpotrivă, duc la slăbirea legăturilor — legături inhibitorii.

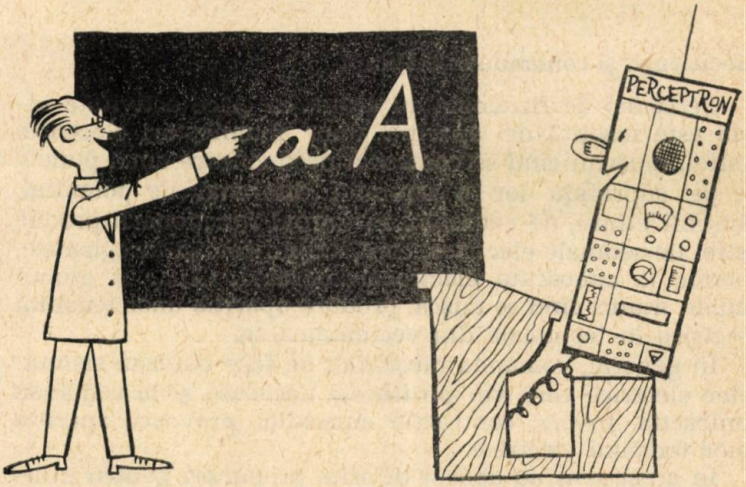
Caracteristic pentru perceptron este faptul că între zona de proiecție și zona asociativă legăturile se fac întîmplător, adică de la un moment la altul aceste legături se pot schimba.

În timpul procesului de învățare, după forma imaginilor proiectate, prin jocul semnalelor excitatorii și inhibitorii, anumite legături se întăresc și duc la formarea unor legături stabile, care nu mai variază în timp.

Trebuie să subliniem că, de fapt, zona asociativă este în realitate formată din două straturi, care ar corespunde

cu două straturi de celule nervoase existente în creier. Între cele două straturi există, de asemenea, legături în ambele sensuri.

Să urmărim în continuare mai în amănunt cum decurg experiențele cu un perceptron. Perceptronului i se dă



de cîteva ori o anumită imagine. De exemplu, i se prezintă de 10 ori *X*, apoi de 10 ori *E*. După aceea, perceptronul recunoaște cu precizie atît pe *E* cît și pe *X* datorită formării unor legături permanente corespunzătoare lui *X*, respectiv lui *E*.

Experiențele efectuate cu aparatele de tip perceptron s-au dovedit a fi deosebit de concludente : ele au putut să recunoască pînă la 98% corect imaginile care le-au fost prezentate, greșind deci într-un număr minim de cazuri.

Desigur că ne putem întreba dacă un astfel de aparat prezintă vreo utilitate practică. Răspunsul este afirmativ. Există numeroase situații în care perceptronul ar fi binevenit. Așa ar fi, de exemplu, situația unor stații automate care ar fi lansate pe suprafețele unor alte planete. De asemenea, pot apărea situații în care este nevoie ca un dispozitiv „să învețe" într-o zonă de radioactivitate mărită, în care viața unui om ar fi pusă în pericol.

Există şi alte diverse sisteme de maşini care învaţă singure. Menţionăm că la noi în ţară dr. ing. Mariana Beliş — de la Institutul politehnic Bucureşti — a construit un aparat care poate fi instruit şi care, în acelaşi timp, corespunde unui anumit mod de a învăţa.

Biocurenţii şi comanda la distanţă

Cercetări de fiziologie au arătat că orice activitate vitală este însoţită de apariţia unor manifestări electrice. Astfel, muşchii cînd se contractă produc între două puncte de pe suprafaţa lor o anumită diferenţă de potenţial. Muşchii inimii, de exemplu, în timpul funcţionării produc astfel de semnale electrice, care, amplificate şi înregistrate, conduc la cunoscuta electrocardiogramă. Chiar şi globul ocular, atunci cînd se mişcă, produce apariţia unor tensiuni electrice în ţesuturile din vecinătatea sa.

În general, comanda muşchilor se face datorită semnalelor electrice care vin pe fibrele nervoase şi le comandă contracţia. Invers, contracţia muşchilor provoacă apariţia unor tensiuni electrice.

În acest sens au apărut diferite propuneri pentru utilizarea în tehnică a proprietăţii de mai sus.

Se ştie că în cazul vehiculelor care se deplasează cu mare viteză — de exemplu în cazul automobilelor — este important ca semnalele să poată fi transmise cu o viteză maximă de la creier la organele maşinii. În general, conducătorul vehiculului este informat asupra situaţiei înconjurătoare cu ajutorul văzului. Creierul prelucrează aceste informaţii vizuale şi transmite semnale mîinilor, care execută diferite manevre.

Dar, oricît de rapidă ar fi prelucrarea informaţiei în creier, oricît de repede s-ar lua decizia, apare o întîrziere suplimentară datorită vitezei finite cu care se propagă semnalele de-a lungul fibrelor nervoase. De la creier pînă la extremitatea mîinii semnalele au de parcurs o distanţă suficient de lungă, de aproape 1 m, ceea ce duce la o întîrziere în executarea comenzii.

Pentru a se elimina această întîrziere, s-a propus un sistem care utilizează cea mai scurtă legătură dintre creier

și un mușchi oarecare de pe corp : este vorba de mușchii care sînt în legătură cu globii oculari și cu sprîncenele. Anume, s-au construit niște traductoare sensibile care pot sesiza și amplifica semnalele electrice ce însoțesc contracția acestor mușchi. Mai mult chiar, s-a experimentat un sistem în care conducătorul unui automobil era prevăzut cu un mic aparat montat pe frunte, între ochi. În momentul în care el dorea să frîneze automobilul, era suficient să clipească din ochi mai tare, pentru ca să apară biocurenți mai puternici care, după amplificare, acționau frîna automobilului. La o viteză de 120 km pe oră, fracțiunea de secundă cîștigată prin utilizarea unui astfel de aparat și prin scurtcircuitarea implicită a circuitului mai lung creier-mînă corespunde unei distanțe care, deși mică, poate fi salvatoare în unele cazuri.

Există și proiecte mai îndrăznețe. Activitatea creierului corespunde organizării într-un mod special a circulației informației într-o rețea formată din numeroși neuroni. Această activitate este, de asemenea, însoțită de apariția unor fenomene electrice.

Cu ajutorul unor electrozi dispuși pe craniu, se pot culege semnale electrice și, după o amplificare convenabilă a lor, aceste semnale pot fi comparate unele cu altele în diferite moduri. Am putea imagina un perceptron de tip special, de o complexitate suficient de mare, care ar reuși să descifreze legătura existentă între semnalele culese de electrozi și activitatea psihică a celui care produce acești curenți. Semnalele respective de la perceptron ar putea fi apoi transmise la un emițător, iar de aci, sub forma unor unde electromagnetice, ar ajunge la un receptor care le-ar traduce într-un mod accesibil omului. Am fi deci în prezența unui sistem de transmitere a gîndului la distanță, care nu are însă nimic de-a face cu mult discutata telepatie.

Experiențe în această privință s-au și făcut. O persoană stă relaxată într-o cameră liniștită. Semnalele electrice produse de creierul său în astfel de condiții au o anumită formă. La un moment dat persoana se gîndește intens, dorind să se aprindă un bec. Ca urmare a acestui act psihic, forma semnalelor se modifică. Un aparat electronic special sesizează modificarea formei semnalelor electrice produse de creier și pune în funcțiune un emițător. La distanță, un

receptor acordat recepționează semnalele și, ca urmare, acționează un releu, ceea ce are ca rezultat aprinderea unui bec.

Modelarea neuronului

Cel mai mic sistem studiat pînă acum de cibernetică este neuronul. Deși dimensiunile sale sînt foarte mici, de cîteva zeci de microni, totuși el se prezintă ca un sistem complex, care primește, prelucrează, conservă și transmite informația. Este interesant să arătăm că cercetările efectuate în țara noastră (C. Bălăceanu și E. Nicolau) au arătat că modelul logic al neuronului cuprinde elemente foarte complexe, ca : elemente care însumează semnale, dispozitive de memorie, filtre, generatoare de impulsuri etc.

În literatura de specialitate sînt prezentate numeroase încercări de a modela neuroni prin diferite procedee tehnice. Aceste încercări nu sînt lipsite de interes, deoarece, plecînd de aci, se poate încerca o înțelegere mai bună a modului cum este organizat creierul. În acest scop se interconectează în mod convenabil diferiți neuroni tehnici, adică modele de neuroni, și se observă comportarea ansamblului. Odată stabilite principiile de funcționare, se realizează dispozitive tehnice corespunzătoare, care fac aceleași operații, dar cu viteze incomparabil mai mari. Se obține, desigur, un progres remarcabil. Este, într-un anumit fel, același raport care există azi între un om care încearcă să rezolve — desigur, foarte lent — o anumită problemă matematică și calculatorul care, pe baza programului dat de om, o rezolvă incomparabil mai repede.

Modelarea electronică a fiecărui neuron nu prezintă însă avantaje, deoarece fiecare model de neuron este constituit dintr-un circuit electronic complex în care intră cîțiva tranzistori. Tocmai de aceea s-a propus o tehnică diferită pentru studierea rețelelor neuronale. În acest scop, se modelează rețelele neuronale cu ajutorul calculatoarelor digitale, programate în mod corespunzător.

La noi în țară au fost efectuate în acest sens experiențe la Institutul politehnic din Timișoara de către matematicianul Dan Farcaș, care a utilizat calculatorul MECIPT-1.

Cea mai mare rețea neuronală modelată pînă în prezent în străinătate cuprinde 10 000 de neuroni — ceea ce este foarte puțin, fiind de un milion de ori mai mică decît rețeaua creierului uman !

Siguranța în funcționare și creierul uman

Un lucru trist, dar adevărat : după 40 de ani, în creierul fiecărui om se înregistrează zilnic decesul cîtorva sute de neuroni. Dar nu trebuie să ne speriem. Ținînd seama de numărul imens al neuronilor din creier, aceste pierderi sînt practic fără urmări — și aceasta un mare număr de ani. Dar mai este încă un motiv pentru care nu trebuie să fim neliniștiți. Creierul uman este un sistem excepțional de bine construit, avînd o extraordinar de mare siguranță în funcționare.

În general, organismele vii sînt bine construite. Avem două mîini, doi ochi, două urechi, tocmai pentru ca pierderea unei mîini, a unui ochi sau a unei urechi să ne lase suficient de multe posibilități de acționare. Îndeosebi creierul uman are o construcție specială, în care, în afara unor zone cu funcțiuni precise, există numeroase zone de supleanță, care pot prelua diverse funcții după necesități.

Desigur că există localizări cerebrale, dar creierul are și posibilități multiple de a-și restructura funcționarea.

Acest principiu este astăzi utilizat pe o scară tot mai largă de marile calculatoare electronice. Constructorii calculatoarelor învață de la natură, se inspiră din organizarea creierului uman, pentru a construi calculatoare electronice mai bune, mai eficiente, cu o mai mare siguranță în funcționare.

Proteze senzoriale

Cercetările întreprinse de specialiști au permis în ultima vreme realizarea unor aparate care suplinesc în parte atît reducerea vederii, cît și scăderea auzului.

Referitor la vedere, încercările sînt mai vechi. Alfabetul Braille se baza tocmai pe posibilitatea de a suplini pierderea vederii cu ajutorul simțului tactil. Literele, care de obicei se scriu, sînt înlocuite prin anumite configurații de puncte în relief, dîndu-se celor lipsiți de vedere posibilitatea să se bucure din plin de operele literare transcrise cu ajutorul acestui alfabet.

Plecînd de la această idee au fost realizate diverse tipuri de aparate cu ajutorul cărora imaginile sînt transformate în configurații geometrice, recunoscute ca atare cu ajutorul simțului tactil.

Pentru o persoană care nu vede de loc, lumea exterioară nu se poate manifesta prin intermediul vederii. Pe de altă parte, este foarte important ca omul să aibă informații vizuale, deoarece întreaga societate umană utilizează din plin semnalele optice. Teoria informației arată că prin simțul văzului obținem o cantitate de informație extrem de mare în comparație cu toate celelalte simțuri la un loc.

Avînd în vedere că un nevăzător nu obține în mod normal de loc informații vizuale, se înțelege că el ar fi mulțumit să obțină, chiar și o cantitate redusă de informații din categoria celora care, în mod normal, le-ar obține cu ajutorul văzului. Dar oare este cu putință să suplinim într-un mod oarecare simțul văzului ? Răspunsul este afirmativ.

În ultimii ani televiziunea ne-a familiarizat cu posibilitatea de transformare a imaginilor vizuale în semnale electrice, care sînt prelucrate în diferite moduri, pentru ca apoi să fie reconstituite în imagini pe ecranul unui televizor.

După sistemul de televiziune adoptat, imaginea de pe micul ecran este mai mult sau mai puțin detaliată. Calitatea imaginii depinde de numărul de puncte în care este analizată și apoi reconstituită imaginea respectivă.

Există posibilitatea ca imaginile pe care dorim să le transmitem, după ce au fost transformate în semnale electrice în loc de a fi transformate în semnale luminoase, care să apară în diferitele puncte ale unui ecran fluorescent, să acționeze un număr de mici electromagneți ce comandă

fiecare cîte o tijă în contact cu pielea. Atunci vom avea posibilitatea de a transforma imaginile vizuale în senzaţii tactile.

Acest sistem este indicat pentru a fi utilizat în cazul persoanelor nevăzătoare. Este drept însă că apare o limitare, referitoare la numărul de puncte în care poate fi analizată imaginea. Problema este legată de puterea de separaţie a simţului cutanat. Noi nu ne dăm seama că se apasă cu două ace în două puncte apropiate, dar diferite pe suprafaţa pielii noastre, decît dacă aceste două puncte sînt situate la o distanţă destul de mare. În unele regiuni de pe corp, cum ar fi vîrful degetelor sau vîrful limbii, puterea de separare este mai mare, în sensul că putem deosebi chiar puncte apropiate. Din nefericire însă, aria regiunilor respective este foarte redusă. Din contra, pe spate, unde am avea la dispoziţie o arie cu mult mai mare, puterea de separaţie este foarte redusă. Tocmai de aceea încercările de creare a unor proteze senzoriale bazate pe acest principiu au condus la necesitatea de a utiliza pielea frunţii drept punct de contact între tijele respective şi corpul uman.

O altă categorie de încercări au condus la crearea unor traductoare care transformă semnalele optice în semnale sonore de diferite frecvenţe. În acest caz însă avem dezavantajul de a avea o informaţie mai săracă, care variază mai încet în timp. Sistemul se utilizează în mai multe variante.

Într-una din variante se recurge la aşa-numiţii *ochelari acustici*. Este vorba de înlocuirea lentilelor cu două fotocelule. Fotoelementele traduc intensitatea fluxului luminos care cade pe ele în semnale electrice. Acestea, la rîndul lor, modifică frecvenţa de oscilaţie a unui mic oscilator realizat cu tranzistoare. Frecvenţa sonoră respectivă măsoară deci intensitatea luminoasă.

Ochelarii acustici pot fi interesanţi în legătură cu orientarea aproximativă a unui nevăzător pe un teren, într-o clădire etc.

Astfel de ochelari s-au realizat şi în cadrul Institutului de psihologie al Academiei R. S. România din Bucureşti.

În alt sistem nu se utilizează ochelari, ci este vorba de un aparat static care analizează cu amănunţime diferite

detalii ale unei imagini. Astfel de situații interesează, de exemplu, în legătură cu aparatele de citit pentru nevăzători.

Utilizarea unor asemenea aparate este indicată în special datorită faptului că nevăzătorul poate citi cu ele chiar texte tipărite în mod obișnuit, fără a mai fi necesară traducerea lor prealabilă în alfabetul Braille.

*
* *

Bionica este o știință tînără, sensibil mai tînără chiar decît cibernetica, dar și pînă în prezent ea a obținut numeroase rezultate interesante, în special în ceea ce privește organizarea sistemelor complexe, autoinstruibile, ca și a sistemelor cu mare siguranță de funcționare, crearea unor organe artificiale etc.

Viitorul este al unei tehnici din ce în ce mai complexe, în care omul reușește să realizeze sisteme caracterizate prin performanțe din ce în ce mai apropiate de performanțele înalte pe care le întîlnim la ființele vii și în special la creierul uman — materia sub forma ei cea mai înaltă de organizare de pe planeta noastră. Și fără îndoială că oamenilor de știință le revine sarcina dificilă, dar pasionantă de a duce mai departe această știință tînără, dar cu perspective grandioase.

GEORGE BOOLE (1815—1864)

La 3 noiembrie 1815 s-a născut, în Anglia, la Lincoln, cel ce avea să devină creatorul logicii matematice. Era fiul unui mic negustor, pătură socială tratată pe vremea aceea cu un pronunțat dispreț de către nobilimea conservatoare.

Școala elementară a făcut-o în orășelul natal. Încă de pe atunci s-a dovedit o minte vioaie : astfel, de la 8 ani începe să învețe latina, ajungînd ca la 12 ani să poată traduce în limba engleză versurile lui Horațiu. Cum limbile clasice îl atrăgeau, se apucă să învețe și greaca veche.

Tatăl său i-a fost primul profesor de matematici. Deoarece trebuia să-și cîștige existența, a urmat și un curs de comerț. Cursul nu i-a fost însă de folos în viață, fiindcă n-a intrat funcționar, ci la 16 ani s-a angajat ca profesor într-o școală elementară. Cîștigul mic, insuficient pentru el și familia lui, l-a determinat să-și schimbe profesiunea. Părinții l-au îndemnat să se facă preot. Ca urmare, s-a înscris într-un colegiu, unde a învățat patru ani. Datorită concepțiilor sale materialiste nu s-a făcut preot, în schimb cei patru ani de pregătire i-au folosit, deoarece a reușit să-și însușească perfect limbile franceză, germană și italiană.

Boole și-a descoperit adevărata sa vocație la 20 de ani. Atunci a deschis o școală particulară, unde predă noțiuni de matematică. Obligat să studieze această disciplină, s-a aplecat asupra ei cu mai multă stăruință. Cercetînd manualele existente pe atunci, a constatat cît de nesatisfăcătoare sînt ele. Deși avea o pregătire matematică insuficientă, George Boole începe să studieze „Mecanica cerească" a lui Laplace. În continuare nu se lasă intimidat de greutăți și asimilează „Mecanica analitică" a lui Lagrange. Aceste două lucrări au constituit sursa de inspirație a primei sale lucrări despre calculul variației. Ca rezultat al meditațiilor sale științifice, Boole ajunge la descoperirea invarianților. Importanța acestei descoperiri este uriașă, pentru că, de pildă, Einstein, n-ar fi putut crea teoria relativității dacă n-ar fi existat o teorie matematică a invarianților.

Boole a fost și unul dintre cei care au contribuit la modernizarea algebrei. Simbolurile cu care erau notate numerele au început să fie considerate drept denumiri scrise sau verbale ale unor obiecte a căror natură nu mai era specifică. Operațiile la care erau supuse aceste simboluri au început să fie studiate independent de semnificația simbolului. Aceasta l-a condus pe Boole la crearea *logicii simbolice* sau a *logicii matematice*.

Prima sa contribuție la acest vast domeniu a avut loc în 1848, cînd publică studiul intitulat „Analiza matematică a logicii". Opera sa principală o constituie însă lucrarea „Un studiu al legilor gîndirii", apărută în 1854.

Vorbind despre lucrare, Boole spune: „Scopul tratatului de față este acela de a studia legile fundamentale ale operațiilor intelectuale prin care se elaborează raționamentul, de a le exprima în limbajul calculului, apoi de a constitui pe această bază și știința logicii..., în fine de a culege din diversele elemente de adevăr, puse în evidență în cursul cercetărilor, cîțiva indici referitori la natura și constituția spiritului uman..."

Între timp, cum reputația sa a crescut, George Boole este numit profesor de matematici la Queen College în Irlanda.

Logica simbolică a fost neglijată mulți ani după apariția sa. Chiar și în secolul nostru au fost matematicieni eminenți care au disprețuit-o, considerînd-o o curiozitate filozofică fără nici o semnificație matematică. Astăzi logica matematică servește la proiectarea structurii logice a mașinii de calcul cu program.

NORBERT WIENER (1894—1964)

Ilustrul savant american Norbert Wiener, fondatorul cibernetici, s-a născut în Columbia (statul Missouri) la 26 noiembrie 1894. Cursurile şcolare le-a urmat într-un colegiu din Massachussetts. Aici au fost dezvăluite în personalitatea tînărului Wiener o mare profunzime de gîndire şi o atracţie irezistibilă către tainele ştiinţei.

La fragedă vîrstă de 14 ani, Wiener dobîndise deja o pregătire matematică superioară, iar la 18 ani el era doctor în litere şi filozofie al Universităţii Harvard ; numai după un an, în 1913, Norbert Wiener îşi susţine doctoratul în filozofie — specialitatea logică matematică.

În perioada 1913—1915 (la vîrsta de 19—20 ani), paralel cu activitatea desfăşurată în cadrul universităţii, îşi continuă studiile la Cambridge (Anglia) cu Bertrand Russell, apoi la Göttingen (Germania) cu G. Hilbert.

Începînd încă din tinereţe, Norbert Wiener desfăşoară o prodigioasă carieră didactică, parcurgînd toate treptele învăţămîntului universitar.

El este invitat de mai multe ori de diferite universităţi din Europa şi Asia, ţinînd o serie de cursuri şi conferinţe la universităţile din Anglia, India, Franţa, China.

Lucrările timpurii ale lui Wiener se referă îndeosebi la fundamentarea bazelor matematicii. La sfîrşitul deceniului al 2-lea al secolului nostru el se ocupă de fizica teoretică, aducînd contribuţii în domeniul teoriei cuantelor şi al teoriei relativităţii.

Ca matematician, Wiener s-a făcut cunoscut, în cea mai mare măsură, prin cercetările sale în domeniul analizei (teoria potenţialului şi funcţiile armonice, funcţiile aproximativ periodice, teoremele lui Tauber, şirurile şi transformatele lui Fourier) şi în domeniul teoriei probabilităţilor (procesele aleatoare staţionare). În acest domeniu, Wiener a studiat o clasă importantă a proceselor aleatoare, care ulterior au căpătat numele său, şi a elaborat, în deceniul al 4-lea, teoria interpolării şi extrapolării şi, de asemenea, teoria filtrării proceselor aleatoare staţionare. Nu este întîmplător, dacă ţinem seama de evoluţia ulterioară a creaţiei ştiinţifice a lui Wiener, faptul că pentru opera sa matematică este caracteristică atenţia faţă de cerinţele ştiinţelor naturii şi tehnicii (studierea mişcării browniene etc.).

În timpul celui de-al doilea război mondial (1939—1945), preocupările lui Wiener continuă această orientare către cerinţele ştiinţei şi tehnicii moderne ; astfel, în această perioadă Wiener s-a ocupat de tehnica calculului şi de reţelele electrice, a căror trăsătură caracteristică este tocmai legătura lor cu problemele ştiinţelor naturii şi ale tehnicii ; în anii 1945—1947, în colaborare cu savantul mexican dr. Arturo Rosenblueth, studiază la Institutul naţional de cardiologie din Mexico City analogia structurală dintre procesele care au loc în circuitele electrice şi cele din organismele vii. Aceste studii îl conduc pe Wiener la crearea şi fundamentarea ciberne-

ticii. Lucrarea sa „Cibernetica, sau control și comunicație la animal și mașină" a apărut în 1948.

Punînd bazele ciberneticii, Wiener o definește ca fiind știința despre „legătură", „conducere" și „control" în mașini și organismele vii, știința care studiază mașinile, organismele vii exclusiv din punct de vedere al capacității lor de a recepționa o anumită cantitate de „informație", de a reține această cantitate de informație în „memoria" lor, de a o transmite prin „canale de comunicație" și de a o prelucra în „semnale" care orientează activitatea lor în anumite direcții determinate. Susținută de un temeinic fundament matematic și strîns legată de teoria informației, elaborată în colaborare cu un alt om de știință american, C. Shannon, cibernetica — știință dintre cele mai moderne — ale cărei baze au fost puse de Norbert Wiener, a suscitat un interes considerabil printre savanții de toate disciplinele, exercitînd o puternică influență asupra dezvoltării științei mondiale contemporane.

Înalta prețuire de care s-a bucurat întreaga creație științifică a lui Wiener și-a găsit expresia într-o serie de premii și titluri științifice pe care le-a obținut încă din tinerețe. Astfel, i-au fost acordate premii de către Universitatea din Harvard și Societatea matematicienilor americani (al cărei membru a devenit din 1933). În 1935 a devenit membru al Societății matematice din Londra și doctor honoris causa al acestei societăți (în 1946) și al Universității din Mexico City (în 1951). În 1960 i se decernă titlul de membru al Societății regale britanice.

Cîtuși de puțin străin de viața societății în care a trăit, animat de un profund umanism, Wiener a luat de mai multe ori poziție în presă, precum și în ultima sa lucrare „Sînt un matematician" (1956) cu privire la răspunderea savanților față de modul în care sînt folosite ideile lor științifice în scopul creării armelor de distrugere în masă.

Activitatea sa științifică prodigioasă și îndeosebi crearea uneia dintre cele mai noi și mai revoluționare ramuri ale științei moderne — cibernetica — îl situează pe Norbert Wiener printre cele mai valoroase personalități ale revoluției științifice-tehnice contemporane.

Genetica moleculară

Conf. univ. dr.
PETRE RAICU
Asist. univ.
SUZANA BRATOSIN

Genetica moleculară este o ramură nouă a ştiinţei despre ereditate şi totodată „vedeta" biologiei moleculare — domeniul de cercetare şi cunoaştere cel mai dinamic al epocii noastre. Acest nou teren de luptă împotriva necunoscutului a rodit cu atîta abundenţă în ultimii 20 de ani, încît a conferit biologiei o „vîrstă de aur" comparabilă celei cunoscute în fizică în primii 40 de ani ai secolului nostru. Cu tot avîntul pe care-l luase la sfîrşitul veacului trecut ca urmare a apariţiei teoriei darviniste despre evoluţia lumii vii, biologia a continuat să se dezvolte pe o linie net ascendentă, păstrînd însă caracterul extensiv tradiţional de înaintare în defavoarea celui intensiv. Perfecţionarea microscopului dusese la descoperirea lumii microbilor şi la acumularea datelor despre structura celulei, dar era evident că o serie de fenomene vitale scăpau observaţiei ochiului înarmat cu dispozitive optice măritoare oricît de bine construite ar fi fost ele.

Elaborînd teoria evoluţionistă, Darwin descoperise că datorită eredităţii se asigură autoreproducerea organismelor şi stabilitatea caracterelor lor în decursul ge-

nerațiilor, iar prin *variabilitate* se produc schimbări ale trăsăturilor și se asigură transmisibilitatea lor. Nu se cunoștea însă care este mecanismul prin care se realizează aceste funcții ; dacă ele sînt caracteristice întregului organism sau există structuri diferențiate care să le îndeplinească cu prioritate.

Pînă în anul 1900, studiul eredității s-a făcut asupra unor caractere net vizibile la exteriorul organismului (culoare, formă, număr etc.), revenindu-i geneticianului ceh *Gregor Mendel* meritul de a fi descoperit legile cele mai generale ale apariției și transmiterii unor atare însușiri de la o generație la alta. Tot lui îi aparține ipoteza existenței în organismele vii a unor purtători materiali ai eredității pe care i-a numit *factori ereditari*.

Toate faptele experimentale descoperite în primele decenii ale secolului nostru confirmau supozițiile referitoare la prezența în celule a unor particule purtătoare a materialului genetic. De aceea orientarea principală a cercetărilor s-a făcut spre descoperirea acestor factori ereditari și a mecanismului prin care se realizează transmiterea caracterelor la descendenți.

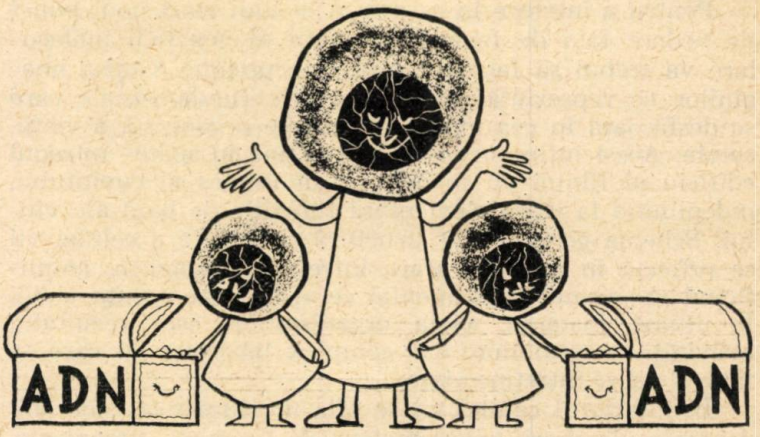
Cam în aceeași perioadă se dezvoltă o altă ramură a științei vieții și anume *citologia*, a cărei preocupare principală o constituie studiul componentelor de bază ale celulei vii. Înarmați cu microscoape optice tot mai perfecționate și cu tehnici de prelucrare a țesuturilor tot mai bine puse la punct, citologii căutau să descifreze rolul diferitelor componente celulare observabile microscopic. Pe acest tărîm s-au întîlnit preocupările citologilor cu cele ale geneticienilor angajați în descoperirea componentelor celulare responsabile cu transmiterea ereditară a caracterelor de-a lungul generațiilor. Citologia a oferit geneticii tezaurul cuceririlor sale în ceea ce privește tehnica de lucru la nivel celular și a luat astfel naștere o nouă ramură științifică — citogenetica. Întemeietorul ei este considerat zoologul american Thomas Morgan, acela care avea să demonstreze rolul genetic al cromozomilor și să creeze o întreagă școală de geneticieni care au pus, în primele două decenii ale secolului nostru, bazele geneticii clasice, elaborînd teoria cromozomică a eredității. Dezvoltarea citogeneticii a constituit o primă încercare de a stabili o

corespondență între datele geneticii și cele citologice și un mare pas înainte în înțelegerea mai aprofundată a substratului material al eredității. Amintim că mecanismul cromozomial de transmitere ereditară a caracterelor este și cel mai răspîndit, cu ajutorul lui informația ereditară fiind trecută de-a lungul generațiilor. În felul acesta citogenetica a împins „linia întîi" a cercetărilor de genetică de la exteriorul organismului la nivelul celulei.

Așadar, genetica adusese în focarele lentilelor microscoapelor un nou personaj — cromozomul — acuzat a fi răspunzător de transmiterea ereditară a caracterelor de la o celulă vie la alta, de la o generație la alta. Era limpede că acesta nu este însă cea mai mică unitate ereditară, că nu este atomul „indivizibil" al eredității, că fiece caracter ereditar este determinat de un factor infinit mai mic și că de-a lungul cromozomilor sînt situați mai mulți factori ereditari. Unitatea de bază funcțională și structurală a eredității, *gena* (sau factorul ereditar), rămînea invizibilă la microscop.

Dacă citogenetica a fertilizat studiul fenomenului ereditar la nivelul celulei, dezvoltarea considerabilă a biochimiei în ultimele decenii avea să-și spună cuvîntul hotărîtor în studiul fenomenului ereditar și în special în cercetarea substratului material al eredității. Ea a oferit citologiei noi tehnici de cercetare cum sînt cele de citochimie și citofiziologie care au pătruns cu repeziciune în laboratoarele de genetică, pregătind terenul marilor sale succese contemporane. La acestea s-au adăugat noile investigații cu ajutorul microscopului electronic, rod al nivelului actual de dezvoltare a fizicii moderne, instrument care permite pătrunderea ochiului omenesc dincolo de structurile celulare. În sfîrșit, orientarea actuală a geneticii a fost favorizată de utilizarea a noi obiecte de studiu : microorganismele (bacterii și virusuri), a căror organizare extrem de simplă și capacitate mare de înmulțire au permis studii aprofundate privind substructurile ereditare. Este vorba de uriașul salt înainte făcut de genetică prin trecerea de la nivelul celular de studiu la cel molecular, adică a componentelor biochimice ale materiei vii. Rezultatul a fost apariția unei noi ramuri a geneticii, rod al ultimelor două decenii și anume *genetica mole-*

culară. Însemnătatea considerabilă a descoperirilor efectuate în acest domeniu a ajuns să depășească însăși granițele geneticii, revoluționînd și alte ramuri biologice



apropiate ca fiziologia, microbiologia, biochimia. Genetica moleculară a însemnat încă un pas înainte în bătălia care se dă pentru înțelegerea cît mai completă a fenomenului biologic.

Saltul uriaș făcut de biologia moleculară a fost posibil înainte de toate datorită faptului că ea a inaugurat o nouă atitudine și o nouă modalitate de rezolvare a problemelor viului. În loc de a se pierde în descrieri asupra diversității viețuitoarelor, ea pătrunde în intimitatea celulei vii, căutînd să descifreze în structura macromoleculelor mecanismele care determină toate manifestările vieții. Aceste mecanisme localizate în „infinitul mic" al viului nu sînt la dispoziția observației directe, nemijlocite. Descoperirea lor solicită, în primul rînd, imaginația și capacitatea de deducție a omului, și în al doilea rînd impune o dotare a laboratorului la cel mai înalt nivel tehnic.

Biologia moleculară a permis descrierea în limbaj molecular a mecanismelor vitale cu o simplitate și eleganță remarcabile. Acest lucru nu a fost posibil decît prin prelucrarea complexă a cunoștințelor de biochimie, ge-

netică, microbiologie și chimie-fizică. Din colaborarea lor s-a născut noul domeniu al biologiei moderne care de 20 de ani încoace cucerește constant și meritoriu numeroase Premii Nobel.

Pentru a înțelege în ce constă în linii mari noul punct de vedere față de fenomenul vieții al geneticii moleculare va trebui să facem o scurtă incursiune asupra imaginilor ce reprezintă astăzi procesele fundamentale care se desfășoară în cea mai mică unitate organizată a vieții, celula. Acest infim strop de viață „ține în spate" întregul edificiu al ființei vii în adevăratul înțeles al cuvîntului, îndeplinind la scară elementară funcțiile de bază ale viului. Schema generală de structură și funcție a celulei vii se reflectă în mare la scara întregului organism, amplificînd programul fundamental ce alcătuiește esența vieții. În ultimă instanță, viața organismului este rezultatul activității acestui mic, dar complex laborator în care se făurește și se întreține viața.

În interiorul celulei vii se află un număr considerabil de molecule mari (macromolecule) complex organizate. Din afara celulei pătrund neîncetat în interiorul său substanțe simple, cu moleculă mică, dar în corpul său acestea suferă transformări complexe, participînd, pe de o parte, la însăși construirea materiei vii, adică a macromoleculelor biologice, și pe de altă parte la întreținerea funcțiilor vitale (însoțite de consum și eliberare de energie).

Dintre macromoleculele cu rol esențial în viața celulei la loc de frunte se situează acizii nucleici, adică acidul dezoxiribonucleic (pe scurt ADN) și acidul ribonucleic (pe scurt ARN). Data descoperirii importanței acizilor nucleici în ereditate și în menținerea în cele mai bune condiții a activității celulei este anul 1944, anul în care ADN-ul din nucleul celulei devine personajul central al geneticii. Un grup de cercetători americani, O. T. Avery, C. M. Mac Leod și M. Mc. Carty, de la Institutul Rockefeller, demonstrează că anumite caractere ereditare pot fi transmise de la un tip de bacterie la altul, prin transferul ADN-ului extras de la celulele primului tip de bacterii la cele ale celui de-al doilea tip. Experiențele acestui

grup de cercetători au deschis seria demonstrațiilor consacrate dovedirii faptului că ADN-ul este purtătorul „zestrei" ereditare a organismului.

Saltul imens înainte făcut de genetica moleculară se datorește pătrunderii spiritului uman în organizarea profundă a mecanismului ereditar prin studiul acizilor nucleici. Se știe astăzi că aceste macromolecule asigură suportul biochimic al eredității prin faptul că în configurația lor structurală sînt înscrise în „limbaj" molecular genele, care reprezintă unitățile elementare ale eredității.

Descifrarea structurii moleculei de ADN a fost făcută de J. D. Waston și F. H. C. Crick și confirmată prin studii cu ajutorul razelor X de fizicianul M. H. F. Wilkins, fapt pentru care li s-a conferit în 1962 Premiul Nobel.

Molecula de ADN arată ca o spirală dublă alcătuită din două lanțuri lungi încolăcite unul în jurul altuia. De-a lungul fiecărui lanț alternează trei compuși chimici esențiali : o moleculă de acid fosforic, una de zahar și o bază azotată. Acidul fosforic și zaharul alternează constant și neschimbat, alcătuind scheletul extern pe care se brodează spre interior bazele azotate. Acestea dau specificitate moleculei de ADN, deoarece ele pot fi de 4 feluri : adenina, guanina, timina și citozina și se succed extrem de variat în lungul spiralei. Cele 4 baze azotate sînt complementare, adică adenina corespunde timinei, iar guanina — citozinei. Ele sînt situate de-a lungul spiralei față în față, în sensul că dacă pe lanț se află citozina, la același nivel, pe aceeași treaptă pe lanțul de vizavi se găsește guanina. La această configurație arhitecturală cele două lanțuri ale spiralei sînt legate între ele prin punți de natură chimică (punți de hidrogen) care se stabilesc între bazele azotate perechi. De regulă, adenina de pe un lanț nu se poate lega decît de corespondentul ei timina, și nu de altă bază azotată. Acest mod de organizare este important deoarece asigură moleculei de ADN o stabilitate mare, lucru indispensabil în transmiterea ereditară a caracterelor. Acest lucru este posibil datorită unei proprietăți pe care o manifestă în celula vie molecula de ADN și anume capacitatea de a se autoreproduce sau autoreplica. În momentul în care o celulă se împarte în două celule fiice, fenomen

care stă la baza reproducerii ființelor vii, molecula de ADN se desface de-a lungul, cele două catene ale spiralei duble despărțindu-se exact așa cum se desface un fermoar. Totodată, ele se desrăsucesc și devin independente, fiecare servind ca matriță sau tipar pentru formarea unei noi catene complementare. Așadar, în jurul unei vechi catene se formează și se înfășoară una nouă, succesiunea bazelor azotate din ea respectînd întocmai ordinea dictată de structura vechii catene. Noua catenă va fi complementară catenei matriță prin împerecherea strictă a bazelor azotate. Acest mod de replicare (copiere) asigură transmiterea cu mare fidelitate a structurii moleculei de ADN.

Ceea ce este esențial din punct de vedere genetic în structura moleculei de ADN este succesiunea sau ordinea bazelor azotate în cele două lanțuri ale spiralei. Aceasta, deoarece, pentru ca genele să se transmită ereditar nemodificate, trebuie ca ordinea bazelor azotate din molecula de ADN să se păstreze neschimbată.

Că lucrurile se petrec așa a dovedit-o, printre altele, experiența lui M. Meselson și F. W. Stahl (1958) care au utilizat o tehnică specială de marcare a ADN cu ajutorul unui izotop stabil (greu) al azotului și anume N^{15}, care se deosebește de azotul obișnuit N^{14}. Ei au cultivat bacteria *Escherichia coli* (colibacilul) pe un mediu de cultură în care nu se găsea decît izotopul N^{15} al azotului, astfel încît bacteria nu avea la dispoziție pentru sinteza noilor molecule de ADN decît azot marcat. N^{15} intra astfel în constituția moleculei de ADN, în bazele azotate ale tuturor bacteriilor cultivate și crescute pe acest mediu. Molecula de ADN a acestor bacterii era mai grea decît cea de la bacteriile obișnuite. Apoi cei doi cercetători au trecut bacteriile pe un mediu cu N^{14} și le-au lăsat o perioadă scurtă de timp, suficientă pentru formarea unei singure generații noi de bacterii. Măsurînd apoi prin centrifugare densitatea ADN-ului de la această nouă generație de bacterii, au constatat că el avea o greutate intermediară, fiind de fapt un „hibrid" în care o catenă avea N^{15} și una N^{14}. Experiența demonstrează că replicarea moleculei de ADN se face semiconservator, fiecare moleculă fiind de fapt numai pe jumătate nouă.

ADN-ul se găsește în celula vie în nucleul acesteia și reprezintă componentul major al cromozomilor, ceea ce explică o dată în plus de ce cromozomii asigură la nivel celular transportul caracterelor ereditare. Cînd ia naștere o nouă ființă vie, aceasta moștenește de la părinți în garnitura cromozomică totalitatea spiralelor moleculare de ADN, adică structura biochimică genetică a părinților reprodusă cu fidelitate.

O altă componentă importantă a materiei vii o constituie proteinele, în special enzime care se găsesc în număr mare în fiecare celulă. ADN-ul condiționează caracterele ereditare prin faptul că determină sinteza unor anumite proteine, proteinele proprii și strict specifice fiecărei ființe vii. Schema de sinteză a proteinelor și enzimelor unui organism se realizează conform unui program minuțios și riguros care nu este dictat de altceva decît de structura moleculei de ADN. Descoperirea rolului determinant al ADN-ului în sinteza proteinelor și enzimelor reprezintă saltul uriaș făcut de genetica moleculară în aprofundarea însăși a esenței vieții, ceea ce a făcut-o să devină inima biologiei moderne.

Enzimele sînt în egală măsură fabricate de celula vie și strict specifice fiecărui tip de reacție. Așadar, ceea ce asigură fundamentul tuturor proceselor vitale este sinteza proteinelor complexe dependente de prezența sau absența unor enzime.

Prin urmare, activitatea genelor înscrise în molecula de ADN se exprimă în ultimă instanță prin sinteza unei serii întregi de proteine și enzime.

Unele dintre primele caractere ereditare studiate de geneticieni au fost schimbările de culoare la plante, animale și om. Printre primii geneticieni care au analizat în profunzime asemenea modificări a fost medicul englez Archibald Garrod, care s-a ocupat de o maladie umană destul de rară numită alcaptonurie. Ea se caracterizează prin apariția unui pigment negru în urina bolnavului. Acesta se formează datorită deranjării metabolismului unui aminoacid, terozina ; deranjamentul constă în absența unei enzime care la organismul sănătos este prezentă. Lipsa enzimei la bolnav cauzează eliminarea unui

produs intermediar, de metabolism al tirozinei prin urină și care în prezența aerului se înnegrește. Rolul normal al genei este producerea enzimei ; lipsa ei este cauzată de inactivitatea genei.

Această idee că activitatea genelor se traduce sau se exprimă în sinteza enzimelor a fost dezvoltată de *G. W. Bealde* și *E. L. Tatum*, care emit conceptul „o genă — o enzimă" în sensul că gena reprezintă unitatea de material biochimic ereditar care controlează sinteza unei enzime sau a unei proteine.

De fapt enzimele sînt și ele tot substanțe proteice, dar au un rol special de a cataliza sinteza proteinelor fundamentale și a altor substanțe. Pentru sinteza unei proteine în celula vie are loc o așa-numită cale metabolică, care constă în transformarea unui precursor care trece prin mai multe etape intermediare pînă ce devine produs final. De exemplu, pentru sinteza unei proteine cum este, de pildă, melanina, care conferă pigmentația normală a pielii, părului și ochilor, se pleacă de la un aminoacid numit tirozina, care este de repetate ori transformat în produși intermediari. Una dintre enzimele indispensabile sintezei melaninei este tirozinaza, care transformă tirozina în primul produs intermediar. Așadar, calea metabolică a sintezei melaninei se poate desfășura în bune condiții pînă la capăt numai dacă celulele pigmentare sintetizează tirozinaza, fără de care nu se poate produce melanină. Dacă tirozinaza este absentă (așa cum se întîmplă la oameni albinotici sau la animale albinotice), calea metabolică este blocată și sinteza melaninei nu se mai produce.

Structura proteinelor este strict specializată în fiecare organism, ele deosebindu-se substanțial de la o ființă vie la alta. O moleculă de proteină este compusă din unități chimice mai simple numite aminoacizi. Ceea ce conferă specificitate proteinelor este modul de aranjare, ordinea aminoacizilor în molecula proteică. Și cum în natură se cunosc 20 de tipuri de aminoacizi, este ușor de imaginat cît de vaste sînt macromoleculele proteice ce rezultă din combinarea cantitativ și calitativ diferită a acestora. Întregul edificiu proteinic al vieții este clădit pe cele 20 de tipuri de cărămizi care sînt aminoacizii.

Specificitatea fiecărei proteine este dată de modul în care se succed aminoacizii în lanțul moleculei de proteină. Tocmai de această caracteristică a proteinelor, și anume de specificitatea lor, depind într-o măsură covîrșitoare principalele trăsături și însușiri ale fiecărui organism în parte. Această succesiune corespunde succesiunii bazelor azotate din molecula de ADN, ceea ce înseamnă că informația genetică este *codificată*. Literele „alfabetului genetic" sînt cele patru tipuri de baze azotate perechi din molecula de ADN.

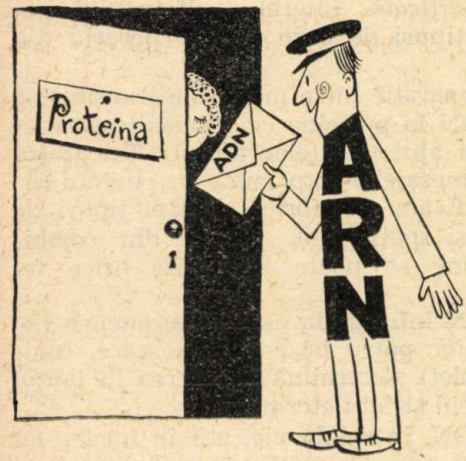
Se poate face o comparație între modul de transmitere a informației de la ADN la proteine cu transmiterea mesajului (informației) cu ajutorul telegrafului. Telegraful folosește transmiterea mesajelor exprimate în cuvinte (literele alfabetului) codificate sub formă de trei tipuri de semnale : linie, punct și spațiu gol. Numai din combinarea acestor trei semne se poate transmite orice fel de mesaj.

În molecula de ADN informația este de asemenea codificată cu ajutorul celor patru baze azotate, care, combinate cîte trei (în triplet), determină prinderea în lanțul proteic al unui aminoacid strict determinat.

Dar, în afară de ADN, în celula vie, atît în nucleu cît și în citoplasmă, se mai găsește un tip de acid nucleic și anume acidul ribonucleic (ARN). El se deosebește de ADN prin zaharul din scheletul extern al moleculei și prin faptul că în loc de timină are o altă bază azotată analogă — uracilul. Structura ARN-ului depinde strict de structura ADN-ului, întrucît ADN-ul folosește drept matriță și pentru sinteza ARN-ului.

Există trei tipuri de ARN în celulă : ARN mesager sau de informație (ARN-m), ARN ribozomal (ARN-r) și ARN solubil sau de transfer (ARN-s). În ARN-ul mesager ordinea bazelor azotate nu este altceva decît copia succesiunii acestor baze în molecula de ADN. ARN-ul mesager asigură transportul informației genetice de la ADN la locul de biosinteză al proteinelor. În succesiunea bazelor azotate din molecula de ADN, informația genetică a organismului este înregistrată ca pe o bandă de magnetofon, ARN-ul avînd rolul de intermediar, adică trece această informație de la ADN la proteine.

În celula vie sinteza proteinelor sau enzimelor decurge în felul următor : în nucleul celulei, ca pe o matriță, se sintetizează un anumit tip de ARN-m corespunzător ADN-ului din nucleu. ARN-m trece apoi în citoplasmă. Aici se găsesc în stare liberă toți cei 20 de aminoacizi aduși în celula vie prin hrană. Fiecărui fel de



aminoacid îi corespunde cîte un ARN-s. Acesta transportă aminoacidul pînă la niște formații speciale aflate în citoplasma celulei numite ribozomi, „pe umerii" cărora se sintetizează proteinele. Ei sînt extrem de mici, vizibili numai la microscopul electronic și participă direct și activ la sinteza proteinelor.

ARN-m se plasează deasupra ribozomilor ; în dreptul fiecărei grupe de trei baze (codon sau triplet) se așază aminoacidul corespunzător, adus de către ARN-ul solubil. Odată realizată ordinea aminoacizilor conform structurii ARN-m, ei se asamblează dînd naștere moleculelor de proteine complexe. La nivelul ribozomilor, aminoacizii se vor succeda în ordinea dictată de structura moleculei de ADN, transmisă moleculei de ARN-m și dusă pînă la ribozom. ARN-s care a asigurat serviciul de transport este pus în libertate și poate participa la transportul altui aminoacid în locul și ordinea necesară.

Prin mecanismul acesta de bază se realizează imensa diversitate de proteine și enzime din organismul viu. Cheia procesului o deține modul în care este codificat programul sintezei proteinelor și enzimelor în molecula de ADN. Prin urmare, pentru orice aminoacid există în ADN o grupă de trei baze (triplet sau codon). Această grupare este copiată o dată de pe molecula de ADN pe cea de ARN-m, și a doua oară la nivelul ribozomului cînd, de fapt, succesiunea de triplete de pe ARN-m este „tradusă" în succesiune de aminoacizi. Există 64 de combinații posibile între cele 4 baze azotate luate cîte trei, astfel încît celor 20 de aminoacizi le corespund una sau mai multe triplete determinante. De pildă, aminoacidul glicina este deopotrivă codificat de tripletele GGU, GGC, GGA, GGG (G = guanină, A = adenină, C = citozină, U = uracil), în timp ce metionina este determinată de un singur triplet, și anume AUG.

Prima experiență care a utilizat codificarea a fost sinteza de către M. W. Nirenberg și J. H. Matthaei (1961) a unui lanț protidic extrem de simplu (polifenilalanina) constituit din succesiunea unui singur fel de aminoacid, *fenilalanina,* cu ajutorul unei matrițe de ARN-m ce cuprindea tripletul care determină legarea fenilalaninei (UUU).

Pînă în toamna anului 1965 s-a putut deduce compoziția în litere a codului genetic pentru toți cei 20 de aminoacizi, fără să fie însă aflată ordinea (secvența) literelor în fiecare triplet. În septembrie 1965 M. W. Nirenberg și colaboratorii săi au reușit să determine atît compoziția în litere, cît și secvența literelor în tripleții ce determină aminoacizii (61 din 64 posibile), făcînd în același timp și proba experimentală a valabilității tripletelor indicate de ei prin aceea că au reușit să sintetizeze orientat și specific lanțuri de aminoacizi conform matriței de ADN folosite în acest scop. Este o realizare de mare valoare atît experimentală, cît și teoretică, deoarece aduce în primul rînd dovada experimentală a existenței reale a codului genetic pînă de curînd considerat de natură încă ipotetică. Descoperirea, descifrarea și fundamentarea

experimentală a codului genetic constituie cel mai recent și poate cel mai spectaculos succes al geneticii moleculare.

Codul genetic este *universal*, adică aminoacizii ce intră în alcătuirea proteinelor sînt codificați de aceleași triplete, indiferent de organismul în care se realizează biosinteza proteinelor.

O altă caracteristică a sa este faptul că e *degenerat* în sensul specificității, deoarece majoritatea aminoacizilor sînt codificați de două sau mai multe triplete. În sfîrșit, există două triplete UAA și UAG care nu codifică nici un aminoacid, adică sînt *fără sens*.

Datorită descoperirii structurii moleculei de ADN, a mecanismului de sinteză a proteinelor și a codului genetic s-a putut concretiza în lumina noilor cercetări și noțiunea de genă. În prezent se consideră că gena este ansamblul de triplete (codoni), adică un segment de ADN care permite sinteza unei proteine sau a unei enzime întregi. Sinteza tuturor proteinelor și enzimelor se află sub dependența genelor.

O realizare în plus, tot atît de recentă și de răsunătoare, a fost explicarea modului în care este reglată calitativ și cantitativ sinteza proteinelor și enzimelor. În organismele superior organizate, celulele sînt specializate pentru îndeplinirea cu precădere a anumitor sarcini. Fiecare celulă nu efectuează decît o parte din sintezele pe care este capabilă să le realizeze. Deși fiecare celulă conține aceeași cantitate de ADN și același tip de ADN, numai o parte dintre genele sale sînt funcționale, iar cantitatea de proteine sintetizate este variabilă în funcție de nevoile întregului organism. Aceasta înseamnă că informația genetică este influențată de factori care declanșează sinteza unor proteine sau enzime și care stopează sinteza altora.

Meritul elaborării unei teorii extrem de ingenioase pe baza unor experiențe de mare finețe asupra reglajului activității genelor a revenit celor trei cercetători francezi recent (1965) laureați ai Premiului Nobel, *A. Lwoff*, *F. Jacob* și *J. Monod*, de la Institutul Pasteur din Paris. Iată extrem de simplificată ideea experienței lor fundamentale : bacteria *Escherichia coli* (colibacilul) nu sinte-

tizează enzimele care să-i permită utilizarea lactozei decît dacă lactoza este prezentă în mediul lor de cultură. În absența ei, genele ce determină aceste enzime există, însă ele nu se exprimă. Cei trei cercetători francezi au presupus că există o substanță, un *represor* capabil să acționeze diferențiat asupra genelor destinate utilizării lactozei. În absența lactozei, represorul este activ și el reprimă acțiunea genei. Invers, în prezența lactozei el este inactiv și nu mai blochează producerea enzimelor de către aceste gene.

Într-o altă experiență ei au adăugat mediului de cultură a colibacilului o anumită cantitate dintr-un alt aminoacid — izoleucina. Bacteria încetează imediat să mai fabrice enzimele care-i permiteau să sintetizeze izoleucina. În acest caz represorul este „activat" de prezența unei cantități suficiente de izoleucină. El blochează imediat producerea de enzime necesare sintezei izoleucinei.

Cu alte cuvinte, represorul este un soi de termostat chimic sensibil la prezența sau absența unei cantități infime dintr-o anumită substanță datorită căreia este capabil să declanșeze sau să oprească lanțul de fabricare a enzimelor aflate sub controlul său.

Pe baza acestor experiențe F. Jacob și J. Monod au elaborat în 1961 un model ingenios și celebru ce explică reglajul genetic al sintezei proteinelor și enzimelor. Importanța sa teoretică stă în primul rînd în faptul că arată asemănarea sistemelor automate studiate de cibernetică cu sistemul de reglare a activității genelor în materia vie.

În sfîrșit, domeniul în care genetica moleculară a adus noutăți cu serioase implicații teoretice și practice este acela al *procesului mutagen*, izvorul important al apariției caracterelor noi. De multă vreme se observase că anumite caractere ereditare pot suferi modificări bruște numite mutații, ce se transmit la descendenți. Cauzele mutațiilor sînt variate ca, de pildă, variațiile bruște de temperatură, radiațiile naturale (radiațiile cosmice, ultraviolete, radioactive terestre etc.), precum și unele substanțe chimice care pot influența dezvoltarea organismelor și provoca apariția unor organisme noi. Asemenea factori mutageni produc modificări în codul genetic și în

structura biochimică a acizilor nucleici cu repercusiuni în procesul de biosinteză a proteinelor. Studii recente au dovedit că prin tratarea unor bacterii, ciuperci, virusuri cu acid nitros (HNO_2) apar mutații datorită faptului că adenina din macromolecula de ADN se transformă în hipoxantină. Hipoxantina are proprietăți asemănătoare cu guanina și, de aceea, în lanțul macromoleculei de ADN ea se unește cu citozina. Ca urmare legătura adenină-timină se înlocuiește cu perechea guanină-citozină, ceea ce produce o modificare a codului genetic. Ca urmare se sintetizează proteine modificate și apar mutații ale eredității.

Studiul procesului mutagen a dus la aprofundarea cunoștințelor în patologia unor boli ereditare umane. S-a constatat astfel că una dintre cele mai importante proteine ale sîngelui, hemoglobina, poate apărea modificată datorită schimbării codului genetic. La oamenii adulți se găsește un tip de hemoglobină normală A, în timp ce în cazul unor boli ale sîngelui se sintetizează tipuri modificate de hemoglobină. Una dintre acestea este hemoglobina S, care, prezentă în sîngele omului, provoacă o anemie gravă mortală numită drepanocitoză. O altă boală a sîngelui este provocată de hemoglobina de tip C. Cercetări recente ale biochimistului V. Ingram au evidențiat că deosebirea dintre tipul normal A de hemoglobină și tipurile S și C constă în înlocuirea unui singur aminoacid din cei aproximativ 600 de aminoacizi ai moleculei hemoglobinei. Astfel, acidul glumatic este înlocuit într-un punct al moleculei proteice de hemoglobină A cu aminoacidul valina în cazul hemoglobinei S sau cu aminoacidul lizina în cazul hemoglobinei C. Modificările din structura hemoglobinei se datorează unor schimbări în succesiunea bazelor azotate din ADN, adică din codul genetic.

Asemenea cercetări au o deosebită importanță deoarece deschid perspectiva intervenției omului direct asupra codului genetic și dirijării procesului mutagen. Desigur, pînă a ajunge la acest punct este încă o cale lungă, dar primii pași s-au făcut și ei se datoresc studiilor de genetică moleculară. În acest fel, visul vechi al geneticie-

nilor de a modifica ereditatea organismelor conform nevoilor societății s-a apropiat substanțial de realizare.

Disciplină științifică nouă, genetica moleculară nu și-a spus încă ultimul cuvînt. Dimpotrivă, această nouă cale de studiu a dat primele roade. Se întrevăd de pe acum rezolvările pe care le va aduce în problemele capitale ale biologiei.

Cercetările din acest domeniu deschid perspectiva sintezei artificiale a proteinelor și chiar a materiei vii. După cum se știe, proteinele prezintă o importanță esențială în alimentație, încît sinteza lor artificială ar constitui un progres de prim ordin în asigurarea cu hrană a omenirii. Pe de altă parte, studiul aprofundat al materiei vii și a modului său de funcționare creează premisele pentru sinteza de biomolecule cu activitate metabolică.

Cercetările moderne de genetică moleculară au de asemenea implicații importante și în domeniul medical. Studiul mecanismului molecular al eredității va face posibilă luarea de măsuri profilactice și terapeutice pentru combaterea numeroaselor maladii metabolice ereditare ale omului. Progrese importante s-au făcut de pildă în domeniul hemoglobinopatiilor (maladii ale sîngelui), descoperindu-se mecanismul molecular al apariției lor. Desigur că pe această bază se poate aborda problema tratamentului lor.

O mare atenție se acordă în ultima vreme problemelor de genetică a cancerului, care, după datele cele mai noi, este o modificare locală a informației ereditare din una sau mai multe celule, adică o mutație somatică. Celulele modificate astfel ereditar scapă de sub controlul reglator normal al organismului și încep să se înmulțească foarte rapid, formînd tumori maligne și invadînd țesuturile vecine. Factorii care determină apariția acestor mutații somatice sînt numeroși : diferite substanțe chimice, radiațiile ionizante și neionizante, virusurile etc. Nu este departe vremea cînd va deveni posibilă luarea de măsuri pentru evitarea acestor mutații somatice sau pentru refacerea funcționalității anormale a țesuturilor canceroase.

În sfîrșit, un alt domeniu spre care geneticienii își îndreaptă atenția este citodiferențierea. După cum este cu-

noscut, toate celulele dintr-un anumit organism au același „bagaj" ereditar, adică conțin o anumită cantitate de informații ereditare de același tip. Deși toate celulele conțin codificată aceeași informație ereditară, totuși ele se dezvoltă diferit : unele devin celule nervoase, altele musculare, tegumentare etc. Pe baza cercetărilor despre reglajul genetic — în care lucrările lui F. Jacob și J. Monod au pus piatra fundamentală — se studiază intens factorii care declanșează la un moment dat în cursul embriogenezei sinteza anumitor proteine și determină diferențierea celulară și tisulară. Aceasta va constitui fără îndoială o contribuție importantă la studiul evoluției viețuitoarelor, evoluție în cursul căreia apar mecanisme ereditare tot mai fine ce asigură citodiferențierea.

Dezvoltarea geneticii moleculare din ultimele decenii a ridicat o seamă de probleme filozofice importante. În primul rînd genetica moleculară, cea mai nouă și de perspectivă ramură a biologiei, reflectă procesul de adîncire al cunoașterii umane, capacitatea omului de a pătrunde tot mai profund în intimitatea proceselor vieții. Genetica moleculară a deschis calea abordării studiului materiei vii cu mijloace mai fine și mai precise, biochimice și biofizice. În acest fel biologia devine o știință tot mai viguroasă, mai exactă, similară altor domenii ale științelor naturii cum sînt fizica, chimia, matematica.

Studiul mecanismului molecular prin care este codificată informația ereditară arată că ereditatea, această însușire de bază a materiei vii, nu are în ea nimic misterios, de natură supranaturală. Dimpotrivă, capacitatea organismelor de a înregistra, conserva și transmite la descendenți anumite informații ereditare se datorește acizilor nucleici, substanțe chimice macromoleculare care sînt tot mai bine cunoscute. Se poate astfel conchide că însușirea eredității este determinată de anumite structuri moleculare și celulare, a căror funcționare asigură cu o înaltă fidelitate moștenirea caracterelor la urmași, precum și variabilitatea lor sub influența unor factori din interiorul și din exteriorul organismului. Genetica moleculară a devenit astfel „inima biologiei", eliminînd cu

fermitate ultimele posibilități de supraviețuire a misticismului și contribuind la aprofundarea cunoașterii umane în domeniul materiei vii.

■ ■ ■

NOUTĂȚI IN GENETICA UMANĂ

Alături de anatomie, patologie și psihologie, genetica umană constituie un domeniu fundamental al științei cunoașterii omului. Printre realizările mai importante ale geneticii umane din ultima vreme, un loc de frunte îl are precizarea bolilor ereditare sau a acelora care transmit la urmași defecte psihice.

Această problemă are o mare importanță, deoarece ea urmărește, printre altele, să stabilească o profilaxie a bolilor ereditare, la fel cum bacteriologia a reușit într-o mare măsură să prevină bolile contagioase.

In timp ce numărul bolilor contagioase este mic și descrește continuu, cel al bolilor ereditare se ridică la aproape 700, iar progresul geneticii umane dezvăluie mereu altele. Statisticile din unele țări arată că mai mult de 4% din indivizii societății se nasc cu boli ereditare.

Cunoașterea și vindecarea acestor boli pune probleme dificile în fața oamenilor de știință și a medicilor, a căror rezolvare prezintă o importanță deosebită.

Patologia cromozomilor, ramură specială a geneticii actuale, cunoaște o mare dezvoltare în toate țările lumii, deoarece ea este strict necesară studiului constituției genetice a omului. Pe de altă parte, aplicarea geneticii la microbi a condus la crearea uneia din ramurile de bază ale geneticii umane, denumită genetică calitativă.

Aceste descoperiri au permis să se găsească mijloace noi, practic inepuizabile, pentru realizarea de vaccinuri mai eficace decît cele obținute cu metodele pasteuriene. De asemenea, au fost găsite posibilități de a sintetiza noi enzime în tratamentul bolilor ereditare.

Doi savanți au obținut Premiul Nobel pentru descoperirea unei enzime conținute în bacilul azobacter lactis, deoarece s-a considerat că descoperirea deschide o cale nouă în lupta împotriva cancerului.

S-au obținut, de asemenea, succese remarcabile în studiul bolilor ereditare sub aspectul lor enzimologic.

Astfel, de exemplu, la originea unei boli enzimatice s-a constatat lipsa unei anumite enzime. Hidrocarbonatele sînt incomplet transformate în lipsa acestei enzime și se elimină în urină sub formă de produse metabolice intermediare. Boala se poate ameliora cu ajutorul unui regim corespunzător.

Profilaxia și terapeutica bolilor ereditare sînt atît de strîns legate de enzimologie, încît în

unele țări bolile mintale au fost încredințate clinicilor dotate cu metode pentru enzimologie.

Dezvoltarea pe care o cunoaște genetica umană în lumea contemporană ca știință a ereditățiî face posibil studiul tot mai profund al tainelor celulei și ale individului, ale reproducerii și perfecționării generațiilor și, în ultimă instanță, cunoașterea și îmbunătățirea vieții.

THOMAS HUNT MORGAN (1866—1945)

Unul dintre fondatorii geneticii moderne — acea ramură a biologiei care studiază ereditatea și variabilitatea organismelor — a fost și savantul american Thomas Hunt Morgan.

Th. H. Morgan s-a născut în 1866 la Lexington (Kentucky).

Datorită deosebitei puteri de muncă și pasiunii pentru cercetarea științifică, Th. H. Morgan, în timpul anilor de studenție, pe care i-a făcut la colegiul din Bryn-Mawr (S.U.A.), a fost apreciat și încurajat de profesorii săi.

După terminarea studiilor universitare, savantul american se dedică cu aceeași pasiune atît muncii de cercetare științifică, cît și activității didactice. În 1904 este numit profesor de zoologie experimentală la Universitatea din Columbia, iar în 1928 devine director și profesor la laboratorul de biologie al Institutului tehnologic de la Pasadena, din California. De cele mai multe ori pînă și în zilele de vacanță își continua munca de cercetare, în aceste perioade mutîndu-și „domiciliul" la laboratorul maritim Wood's Hole din statul Massachusetts (S.U.A.)

Pe baza faptelor observate de el și a ipotezelor unor savanți, Thomas H. Morgan a dezvoltat teoriile eredității, contribuind la fondarea geneticii moderne. Potrivit acestei teorii, *gena* — factor ereditar ipotetic, care determină apariția unei anumite caracteristici ori transmiterea ei de la părinți la urmași — este o formație fizică activă de natură macromoleculară, întruchipînd un singur factor ereditar.

Ca urmare a studiilor minuțioase pe musculița de oțet *Drosophila melanogaster*, marele genetician american a descoperit rolul mecanismului cromozomial de transmitere ereditară, fiind fondatorul teoriei cromozomice a eredității.

Concepția lui Morgan despre ereditate — denumită și morganism — constituie o sinteză și o dezvoltare a ideilor lui Weismann despre existența unei substanțe ereditare grupată în cromozomi, a legilor eredității ale lui Mendel și a teoriei mutaționiste a lui H. de Vries. Ideile acestei concepții sînt: materialul ereditar are un caracter discret; genele, ca substrat material al eredității, sînt localizate în cromozom, ele putînd să fie schimbate de la un

cromozom la altul prin schimbul de segmente de cromozom ; modificările ereditare apar în genotip (prin recombinarea materialului genetic), apoi se manifestă în fenotip.

Dintre numeroasele lucrări pe care Th. H. Morgan le-a scris în domeniul geneticii menționăm : „Baza fizică a eredității" („The physical basis of heredity", 1919) ; „Genetica Drosophilei" („The Genetics of Drosophila", 1925) ; „Teoria genei" („The Theory of the gene", 1926).

În afara geneticii, unde printre multele realizări a pus și bazele citogeneticii, Th. H. Morgan s-a preocupat în cercetările sale și de unele domenii ale zoologiei, scriind, ca rezultat al observațiilor obținute, numeroase tratate, printre care : „Embriologie experimentală" („Experimental embryology", 1927) ; „Baza științifică a evoluției" („The scientific basis of Evolution", 1922) ; „Embriologia și genetica" („Embryology and Genetics", 1934).

Activitatea sa, care a deschis nebănuite drumuri în genetica modernă, a cunoscut o largă apreciere în lumea științifică, iar pentru contribuția la dezvoltarea acestei ramuri a biologiei, Morgan a primit în 1933 Premiul Nobel pentru medicină.

Th. H. Morgan s-a stins din viață în 1945.

Cine controlează reacţiile biochimice din celule

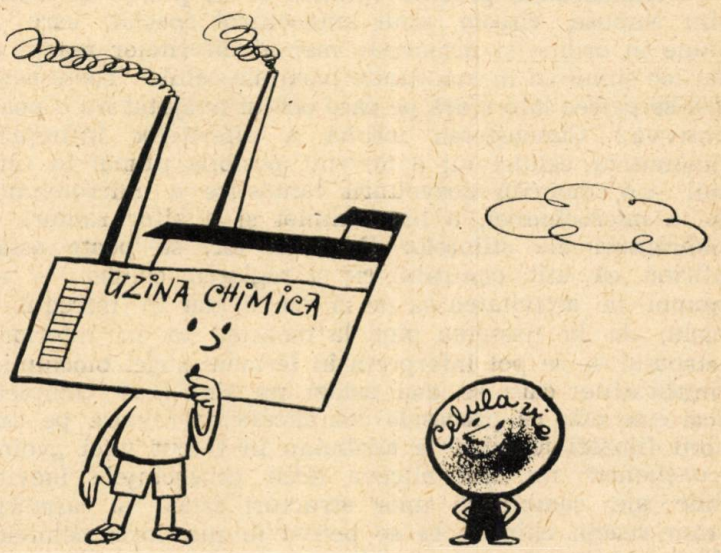
Dr.
LEONID PETRESCU

Privind o celulă oarecare din organismul nostru la un microscop care măreşte de două mii de ori, veţi putea observa o mică zonă, înconjurată de o membrană, în care se văd cîteva părticele de culoare mai închisă. În jurul ei se află alte zeci, sute, mii de celule asemănătoare, formînd împreună un ţesut.

Această celulă — care de obicei are cîteva miimi de milimetru în diametru — desfăşoară o activitate prodigioasă. Aici se produc, fără încetare, peste o mie de substanţe chimice diferite ; tot aici „se sparg" în bucăţi anumite materiale, pentru a li se smulge energia. Şi, fapt care merită a fi subliniat în mod deosebit, toate aceste procese sînt de o fineţe şi de o precizie impecabile.

Pentru înţelegerea proceselor despre care se va vorbi în paginile următoare, reamintim cîteva noţiuni elementare în legătură cu celula. Toate ţesuturile şi organele sînt formate din celule, care au proprietăţile esenţiale ale fiinţelor vii : ele se hrănesc, digeră, îşi evacuează deşeurile, cresc, se înmulţesc şi reacţionează la excitanţi... Procesele intracelulare — adică dinăuntrul celulelor — stau la baza vieţii organismelor pluri-

celulare ; principala funcțiune a acestora este să asigure existența celulelor care le compun. De fapt, reducînd problema la cea mai simplă expresie, putem spune că celula este o cantitate de protoplasmă conținînd un nucleu (și alte organe numite „organite") și fiind înconjurată de o membrană. Protoplasma conține întotdeauna proteine, acizi nucleici, lipide, glucide, vitamine, pigmenți, săruri și apă. Se întîlnesc și forme relativ simple ale substanțelor respective, ca aminoacizi, acizi grași, glicerină, monozaharide etc. Acestea constituie materialele din care se vor construi moleculele complexe și mai cu seamă „polimerii biologici", printre care se numără acizii nucleici, protidele, polizaharidele etc. Așadar, protoplasma este o soluție salină în care se află monomeri și polimeri organici. Moleculele acestor polimeri intră în compoziția organitelor celulelor.



Firește, ar fi greșit să asimilăm celula cu o uzină chimică. Nimic nu se aseamănă : nici aparatura, nici procesele tehnologice, nici modul de controlare al acestora și, în primul rînd, faptul că celula face parte din-

tr-un tot unitar, organismul. Ne vom permite totuşi să stabilim o paralelă.

Imaginaţi-vă materia primă, să zicem, aminoacizii, care patrund prin peretele celular. Aceste substanţe sînt imediat supuse acţiunii ribosomilor, nişte organe reglate astfel, încît să obţină din materia primă proteine, conform unui plan comandat de „biroul central", care se află în nucleu. După aceea, aceste proteine sînt trimise în alte părţi ale celulei, pentru ca ele însele să acţioneze asupra materialului brut. În acest timp, glucoza — care poate fi considerată ca un adevărat „combustibil", adică furnizor de energie al celulei — este transformată în acid piruvic şi trimisă la „cazanul" mitocondrial, unde e preschimbată în energie utilă, care e distribuită în toată celula. După cum se vede, fiecare parte a celulei are nevoie de celelalte pentru a supravieţui.

Nenumăratele procese chimice ce se petrec în celulă sînt supuse, firește, unui autocontrol special, care le pune în ordine şi urmăreşte mersul diferitelor reacţii ce au loc simultan în mai multe părţi ale celulei. Toate acestea se petrec la o scară pe care ochiul neajutat nu o poate observa! Cunoaşterea intimă a diferitelor întîmplări dinăuntrul celulei vii a devenit posibilă numai în ultimii ani, datorită dezvoltării fantastice a microtehnicii şi a microchimiei, a histochimiei şi a altor ramuri şi subramuri ale ştiinţelor. Pe baza lor, se poate astăzi afirma că atît controlul cît şi reglarea celulei — nu numai în activitatea sa de zi cu zi, dar în întregul ei ciclu, de la naşterea pînă la moartea sa în interiorul corpului — se pot interpreta în termeni strict biochimici. Explicaţiile care se dau astăzi nu sînt încă complete, dar este clar că procesele complicate de reglare pe care unii filozofi idealişti le atribuiau în trecut unei „voinţe conştiente" nu sînt altceva decît consecinţele inevitabile ale combinării unor structuri fizice şi urmările unor reacţii chimice ce se petrec în interiorul celulelor. Ele se urmează unele pe altele în mod inexorabil, potrivit unor legi matematice, care pot fi exprimate chiar sub forma unor ecuaţii!

Firește, într-un spaţiu redus este greu să cuprindem toate detaliile care descriu complicatele „laboratoare

chimice" ce își duc activitatea în interiorul celulei vii. De aceea, vom încerca în cele ce urmează, în loc de a intra în unele amănunte, să dăm o idee generală asupra celor mai noi descoperiri, cercetări experimentale și ipoteze care se adună în jurul constatării că celula este în stare să-și regleze singură activitatea.

Este știut că celulele din organismul nostru, strînse în mari asociații de alcătuire asemănătoare, formează țesuturile. La rîndul lor, mai multe feluri de țesuturi pot alcătui organe complexe. Toate acestea sînt legate între ele, nu funcționează independent. Sîngele aduce direct sau indirect în fiecare celulă oxigenul și alimentele necesare („materia primă", ca să spunem așa) și în același timp ia din celule produsele care nu mai sînt necesare („produse de ardere", „deșeuri", ca să ne continuăm metafora). De asemenea, sistemul nervos alcătuiește o legătură eficientă, permanentă între diferitele țesuturi și organe. Hormonii reglează fără întrerupere activitatea.

Dar, în afara acestor influențe continue, celula are propria ei activitate chimică neîntreruptă, al cărei control pare să fie în cea mai mare parte un *autocontrol*. În interiorul ei însăși, celula conține atît numeroase „laboratoare chimice", cît și factorii care le controlează activitatea cu cea mai mare strictețe.

Controlul elementar al celulei

Pentru a urmări mai lesne ceea ce se petrece la această scară microscopică, să considerăm celula drept o fabrică chimică complet automatizată, care utilizează în mod cît mai economic energia ce i se pune la dispoziție. Această fabrică produce numeroase substanțe, printre care, de exemplu, proteinele, cu ajutorul unor reacții chimice ce constituie „liniile sale tehnologice". Aceste linii tehnologice sînt reglate de anumite circuite de control, care n-au nevoie pentru a funcționa decît de foarte puțină energie.

Să ne oprim ceva mai mult asupra acestor „controlori" : ei nu sînt altceva decît niște molecule mici și mobile

care acționează ca „semnale". Aceste semnale sînt recepționate de niște molecule mai mari ce reprezintă receptoarele semnalelor și le traduc în activitate biologică.

Înainte de a termina succinta prezentare a „laboratoarelor chimice din celulă", să examinăm ceva mai de aproape „mașinile" ce sînt folosite pentru fabricarea substanțelor noi. Aceste „mașini" nu sînt altceva decît niște catalizatori, care au primit numele de *enzime*. Din chimie se știe că prin catalizatori se înțeleg acele substanțe care schimbă viteza cu care se produce o reacție chimică. Ele se regăsesc neschimbate la sfîrșitul reacției. Astăzi, industria chimică folosește mii de catalizatori, care fac ca reacții ce în trecut ar fi necesitat temperaturi și presiuni uriașe să se producă la temperatură și presiune normală și într-un timp mult mai scurt.

Celula vie a adus la culme arta de a-și folosi catalizatorii, care în acest caz poartă numele de enzime. Sinteza oricărui produs, de exemplu a unei proteine specifice, se face în mai multe trepte : fiecare din ele are nevoie de o enzimă anumită. Să nu uităm că aceste enzime sînt, la rîndul lor, produse ale aceleiași fabrici — celula !

Cum controlează celula producerea unei anumite substanțe ? Sînt două căi posibile. Una din ele ar fi să se schimbe (să se scadă sau crească) numărul de „mașini" (adică molecule de enzime) care stau la dispoziție pentru fiecare treaptă a fabricației. Cealaltă cale este schimbarea vitezei de lucru.

De pildă, pentru a scădea cantitatea de substanță fabricată, celula poate micșora numărul moleculelor de enzime, le poate inhiba (împiedica să acționeze) sau, evident, poate combina aceste două procedee.

Este necesar să precizăm aici un lucru important. O substanță proteică produsă de celulă este formată din numeroase molecule mai mici numite aminoacizi. De pildă, unele substanțe proteice sînt formate din 200, 300 sau mai mulți aminoacizi combinați între ei. Toată problema este însă ca acești aminoacizi să fie legați între ei într-o ordine absolut precisă. Nu se admite nici cea mai mică deviere : dacă unul singur din acești amino-

acizi este neglijat, eliminat sau legat în altă parte decît aceea unde trebuie să-l găsim, ia naștere o altă substanță, care se poate dovedi toxică sau chiar ucigătoare ! Și acum să ne gîndim că o singură celulă poate fabrica zeci sau sute de substanțe proteice diferite.

Tabloul de mai sus aduce o reprezentare mai apropiată de adevăr a activității prodigioase pe care trebuie să o desfășoare celulele vii.

Pentru a se demonstra cum se controlează desfășurarea fără nici o greșeală a acestor sinteze, s-au făcut experiențe de laborator ce uimesc prin precizia lor. Astfel, s-au cercetat amănunțit niște bacterii foarte des întîlnite, pe nume *Escherichia coli*. Una din substanțele „fabricate" de acest microb (care e format dintr-o singură celulă) este un aminoacid, L-isoleucina, pe care-l utilizează, împreună cu mulți alți acizi, pentru a fabrica proteine.

Oamenii de știință și-au pus următoarea întrebare : dacă în celulă se găsesc cantități îndestulătoare din acest acid pentru „producția curentă", oare celula va continua totuși să-l prepare mai departe ?

Metoda de cercetare a fost următoarea. În mediul în care creștea bacteria, s-a adăugat L-isoleucină, avînd însă grijă ca unii atomi ai acesteia să fie radioactivi (atomi „marcați", care, după cum se știe, pot fi urmăriți cu ușurință pretutindeni pe unde călătoresc datorită radiațiilor pe care le emit).

La întrebarea pusă mai înainte, răspunsul a fost foarte clar : experiențele au dovedit că atunci cînd substanța era prezentă în exces, bacteria înceta să o mai producă.

Pentru ce ? Cantitatea de aminoacid din celulă servește în acest caz ca un semnal care-i controlează sinteza. Cu alte cuvinte, dacă întîmplător cantitatea de L-isoleucină scade sub un anumit nivel, atunci celula produce mai mult aminoacid de acest fel ; dacă însă se ridică deasupra acestui nivel, celula își oprește fabricația. În limbaj științific modern, așa cum se folosește în electronică, aceasta se exprimă spunînd că nivelul de L-isoleucină din celulă exercită un control *feedback* negativ asupra propriei sale producții.

Că există un control, s-a putut dovedi deci relativ ușor. Dar cum se exercită acest control ? Pentru ce, atunci cînd aminoacidul își crește concentrația, se oprește producerea sa ? După H. Edwin Umbarger și colaboratorii săi de la Asociația biologică din Long Island, excesul de L-isoleucină are două efecte asupra celulei. Pe de o parte, el inhibă (împiedică) activitatea enzimei (L-treonină deaminaza) necesare în prima treaptă a reacțiilor de sinteză. Pe de altă parte, are loc o întrerupere a producerii de către celulă a tuturor enzimelor necesare pentru sinteza L-isoleucinei (inclusiv L-treonină deaminaza, mai sus-amintită). S-ar putea spune că aceste două mecanisme de control se aseamănă foarte mult ; cercetările au arătat însă că ele sînt complet independente unul față de celălalt.

Pentru a demonstra faptul că în asemenea studii se face apel la cele mai variate mijloace, nu e lipsit de interes să aflăm cum au putut oamenii de știință să descopere această independență. Pentru aceasta, s-a apelat la... genetică ! S-au cercetat mai multe tipuri mutante de Escherichia coli. S-a găsit că o anumită mutație (adică o schimbare infimă în ereditatea bacteriei) lipsea celula de posibilitatea de a inhiba deaminaza. O altă mutație o împiedica să mai oprească producția întregii serii de enzime. Cele două mutații erau localizate în diferite puncte ale cromozomului. De aci, oamenii de știință au tras concluzia că cele două mecanisme de control sînt complet separate.

Înainte de a trece mai departe, subliniem faptul important că toată această complicată „instalație chimică de control" a celulei se află înscrisă cu minuțiozitate în acele infime părticele din celulă care transmit caracterele „părinților" către „fiu" ! Aceasta rezultă din numeroase experiențe, printre care și acelea descrise cu cîteva rînduri mai sus.

Încetați producția de enzime !

Așadar, unul din mecanismele importante de control a producerii de substanțe este inhibarea producerii de enzime. Acest fenomen de împiedicare a sintetizării en-

zimelor datorită prezenței produsului respectiv a fost descoperit de Jacques Monod de la Institutul Pasteur din Paris, laureat al Premiului Nobel pe anul 1965, și de colega sa Germaine Cohen-Bazire.

Lucrurile se petrec ca și cum într-o fabrică, adunîndu-se cantități mai mari decît ar fi nevoie dintr-un produs, acesta însuși (adică produsul) ar striga : „Stop ! Opriți-vă, nu mă mai fabricați !"

În experiențele francezilor a fost utilizată ca substanță care „dă semnalul de alarmă" triptofanul, un binecunoscut aminoacid. Lucrurile se petreceau întocmai ca mai sus. Cînd mediul în care creșteau bacteriile de Escherichia coli conținea triptofan din abundență, celulele nu mai fabricau „sinteza triptofanului", adică enzima necesară pentru sinteza acestui aminoacid.

Să fie acest comportament specific doar bacteriilor ? Cercetări recente au arătat că lucrurile se petrec în același mod și în celulele organismelor superioare. Nu există nici un motiv pentru ca ele să nu decurgă exact la fel și la om. Pretutindeni, adăugarea unui produs esențial pentru creștere în mediul de cultură al celulelor duce la un semnal de feedback negativ (adică aceeași substanță își comandă oprirea propriei sale producții !), acest semnal provoacă întreruperea activității enzimelor de care nu au nevoie.

Cine poruncește să se înceapă producția ?

Să zicem că în fața celulei a apărut o substanță foarte prețioasă pentru creșterea și viața ei. Dar această substanță nu poate fi folosită ca atare : ea trebuie mai întîi „sfărîmată", desfăcută în mai multe corpuri mai mărunte ; abia unele din acestea sînt necesare. Este oarecum la fel cu o nucă pe care trebuie să o spargi pentru a-i extrage conținutul, numai că operația este mult mai complicată în cazul unei substanțe : adeseori, chimiștii lucrează zile întregi pentru a obține o asemenea transformare, pe care celula o izbutește în cîteva secunde !

Cum procedează în cazul acesta celula vie ? Ea trebuie să-şi fabrice o enzimă care să poată realiza transformarea substanţei prezente în mai multe molecule utile.

Pentru ca lucrurile să devină mai clare, să descriem o experienţă făcută cam pe la începutul acestui secol de Frédéric Dienert, de la Institutul agronomic din Franţa. El studia modul cum o anumită drojdie *(Saccharomyces ludwigii)* reuşea să fermenteze lactoza (zahărul din lapte). Drojdiile care crescuseră de generaţii într-un mediu conţinînd lactoză începeau să lucreze imediat asupra acestui zahăr, pornind fermentaţia după o oră. Celulele vii respective conţineau deci multă lactoză (fermentul necesar). În schimb, drojdiile care nu crescuseră în lactoză nu conţineau lactoza şi, evident, nu reuşeau să „spargă zahărul" în bucăţi. Totuşi, după 14 ore, fermentaţia zahărului se pornea. Aşadar, prezenţa lactozei determinase drojdia să producă enzima numită lactoză. Trebuie reţinut faptul că adaptarea este foarte specifică : *numai* lactoza face ca drojdia să sintetizeze această enzimă — alte zaharuri nu !

De curînd, doi laureaţi ai Premiului Nobel, Jacques Monod şi François Jacob, de la Institutul Pasteur din Paris, au cercetat mecanismele fundamentale de adaptare enzimatică a celulei, atît în ce priveşte aspectele de „reprimare" a enzimelor, cît şi de inducere a activităţii lor. Astfel, ei au descoperit că o singură mutaţie în Escherichia coli putea să elimine controlul sintezei lactazei de către lactoză, cu alte cuvinte celulele produceau lactază chiar şi în absenţa lactozei. S-ar părea deci că producerea enzimei este controlată de o *genă*, în timp ce structura enzimei este sub controlul unei alte gene. Experienţele genetice au confirmat aceasta arătînd, într-adevăr, că „gena reglatoare" şi „gena structurală" au poziţii diverse în cromozomul bacteriei.

Mecanismele intime

Cele de mai înainte au demonstrat, aşadar, că există un control al producerii diferitelor substanţe de către celulă ; dar, deocamdată, aceste constatări nu ne-au adus

prea multe lucruri noi la cunoștință. Într-adevăr, se pune acum întrebarea : cum poate o moleculă infimă, o substanță cuprinsă în cantități infinitezimale, să controleze, să oprească sau să accelereze producerea de către celulă a substanțelor necesare ? Pe ce cale ?

Intrăm acum în detalii din ce în ce mai intime, care au fost puse în evidență abia în ultimii ani.

Pardee, Jacob și Monod au aflat cum poate să acționeze gena „reglatoare" asupra celulei : gena (care nu e altceva decît un grup de substanțe chimice) determină celula să producă o moleculă „represoare", ce controlează funcționarea genei structurale. Ce se observă : controlorul (gena reglatoare) trimite un emisar (moleculă represoare) care anunță pe celălalt controlor (gena structurală) că este cazul să scadă producția, pentru motive evidente !

În absența lactozei, de exemplu, molecula represoare împiedică gena structurală să se mai ocupe de sinteza moleculelor de lactază.

Dar să vedem acum cum acționează acest așa-numit represor asupra genei structurale ? Represorul nu acționează direct, ci se unește cu o moleculă ciudată, care are legături, pe de o parte, cu gena structurală, pe de altă parte, cu alte cîteva gene, ocupate cu metabolismul lactozei. Această moleculă ciudată poartă numele de *„operator"*.

Iată cum se petrec lucrurile. Nu mai există lactoză ! Deci ar fi inutil să se mai prepare lactază, căci nu ar avea ce face. Gena își trimite atunci emisarul — molecula represoare — care se unește cu operatorul. În acest moment, operatorul, „aflînd" despre ce este vorba, împiedică activitatea genelor din preajmă și în acest fel blochează seria complexă de fenomene ce duc la sinteza enzimei.

Jacob și Monod au arătat că această schemă de control se aplică la orice categorie de *enzime adaptive*. De fapt, represiunea și inducerea (provocarea) enzimelor pot fi considerate drept cele două fețe ale aceleiași monede ! Diferiții represori din celulă sînt, așadar, un fel de „aparate de recepție" specializate, care sînt în

stare să recunoască un anumit semnal și *numai* pe acela.

Înăuntrul cromozomilor săi, fiecare celulă posedă instrucțiuni precise pentru a sintetiza un mare număr de enzime : dar producerea oricăreia dintre ele poate fi oprită pur și simplu prin apariția semnalului potrivit represorului respectiv.

Este interesant de remarcat un lucru ce pare la prima vedere ciudat : putem, uneori, să înșelăm celula ! Într-adevăr, să ne gîndim că reacțiile celulei sînt, ca să spunem așa, automate. În acest caz, am putea încerca să introducem în interiorul ei o substanță asemănătoare cu una din cele „veritabile" : asemănătoare, dar nu identică. Este ca și cum un om necinstit ar încerca să pună în funcționare un automat cu ajutorul unei monede false !

O simplă presupunere, veți spune ? Lucrurile se întîmplă chiar așa și în realitate. În practică, există anumite substanțe ce se aseamănă destul de mult cu lactoza și pot determina producerea lactazei. Numai că această lactază rămîne inutilă, întrucît ea nu acționează asupra falsei lactoze ! Asta înseamnă că celula a fost înșelată, ea a cheltuit energie pentru a produce o enzimă pe care nu o poate utiliza ! Semnalul a acționat, dar alarma a fost falsă !

De asemenea, celula mai poate fi înșelată de experimentatori și altfel. Există un analog al triptofanului, aminoacid foarte important. Acest analog, fără importanță, numit 5-metil-triptofan, poate să acționeze ca semnal represiv, făcînd ca celula să-și înceteze producerea de triptofan. Dar 5-metil-triptofanul nu poate fi încorporat în marea moleculă de proteină în locul aminoacidului veritabil. Fără acest aminoacid esențial, celula își oprește creșterea și moare de inaniție. Moare datorită confundării unei substanțe cu alta ! Remarcați că, în scopul de mai sus, semnalul fals acționează ca un antibiotic. Multe antibiotice nu sînt altceva decît niște „false semnale".

Numeroase mecanisme ale vieții sînt astfel lămurite, pas cu pas, de cercetările biochimiștilor. În aceste pagini sînt înfățișate doar cîteva crîmpeie din datele care dau

o idee generală asupra uriașului efort depus de oamenii de știință pentru înțelegerea proceselor chimice din materia vie.

Am văzut, pînă acum, că semnalele chimice controlează producerea enzimelor. Dar nu cumva ele exercită un control și asupra activităților mai generalizate ale celulei, îndeosebi asupra reproducerii sale? Jacob, Sydney Brenner și François Cuzin, lucrînd în colaborare la Institutul Pasteur și la laboratorul de biologie moleculară de la Universitatea din Cambridge, au descoperit recent dovada unui asemenea control chimic.

Cercetările s-au făcut asupra cromozomului unic, circular, al bacteriei Escherichia coli. Sinteza acidului dezoxiribonucleic (ADN) al cromozomului este declanșată de o moleculă de semnal. Acest inițiator corespunde focului de revolver care dă startul la o cursă de alergări! El este sintetizat sub conducerea unei gene reglatoare pentru reproducere. În timp ce celula se pregătește să se dividă, inițiatorul face să înceapă reproducerea ADN. Pentru asta, el activează o structură genetică numită „replicator" (care e analog cu „operatorul" din sinteza enzimelor).

Prea multe detalii nu se cunosc încă, dar e clar că celulele posedă propriul lor sistem pentru a se autocontrola din punct de vedere chimic.

Conducătorii activității chimice din celule

Să discutăm acum, puțin, despre conducerea activității enzimelor din celule. Remarcați extraordinara economie și eficiență a sistemului de control. Umbarger, de pildă, a arătat că o substanță necesară celulei, L-isoleucina, dacă se găsește în cantitate îndestulătoare, oprește propria sa producție, inhibînd prima enzimă din lanțul de enzime (L-treonina deaminază), și numai pe aceasta. Acțiunea este extrem de specifică. Nici un alt aminoacid, nici măcar D-isoleucina nu avea efect! Pentru ce am spus „nici măcar"? Pentru că L- și D-isoleucina au o formulă chimică identică: singura diferență dintre ele apare cînd sînt privite în spațiu, și atunci una dintre

ele este imaginea în oglindă a celeilalte (ce era în stînga, se găseşte în dreapta la cealaltă moleculă).

Vorbeam despre *economicitatea sistemului*. Într-adevăr, îndată ce cantitatea de L-isoleucină a ajuns la un anumit nivel, celula îşi întrerupe pe loc producţia. Semnalul a acţionat întrerupînd doar activitatea primei enzime — e destul. E interesant că tot acest control nu necesită nici o cheltuială de energie suplimentară : imaginaţi-vă un astfel de sistem transpus în industrie !

Astăzi s-a demonstrat că sisteme similare de control (am zice „circuite" asemănătoare) conduc şi producerea altor aminoacizi, a vitaminelor şi a multor substanţe, printre care şi bazele *purinice şi piramidinice*, ce reprezintă precursorii ADN. Controlul este fie negativ (adică inhibînd enzimele), fie pozitiv (adică activîndu-le).

Să luăm un exemplu din domeniul înmagazinării şi utilizării energiei de către celulă. Celulele animale îşi fac rezerve de energie sub forma de glicogen (care este un fel de amidon animal, o substanţă rezultată din reunirea unui mare număr de molecule de zaharuri). Glicogenul este sintetizat în trei trepte, toate prin intermediul unor enzime. Semnalul de începere a enzimei acţionează asupra ultimei enzime, şi procesul începe imediat.

Cum recunoaşte celula mesajele

Ajungem acum la o problemă foarte dezbătută : cum lucrează releurile de reglare ale celulei ? Semnalele — fie ele activatoare, fie inhibatoare — sînt, după cum aţi bănuit, nişte mici molecule. Receptorul este o enzimă reglatoare, adică... o altă moleculă, de obicei mai mare. Cum se petrec lucrurile ? În termeni chimici, cum „traduce" şi cum „integrează" enzima semnalele pe care le primeşte ?

Se remarcă, şi pe bună dreptate, că răspunsul la această întrebare se aplică nu numai la enzimele reglatoare, dar şi la orice altă moleculă care mijloceşte o reacţie de reglare.

Despre asemenea molecule nu se cunosc astăzi multe lucruri. Un model de astfel de activitate a fost descris de Jean-Pierre Changeux, de la Universitatea din Paris, a cărui descriere o reluăm aici.

Problema pune în fața biochimistului un paradox greu de rezolvat. O moleculă poate „să recunoască" un mesaj doar în termeni geometrici. Cu alte cuvinte, mesajul este cuprins în forma sau configurația moleculei care-l poartă. În acest caz, se presupune că mesajul determină enzima să participe sau să nu participe la o anumită reacție. Totuși, molecula care poartă mesajul nu are, adeseori, nici o asemănare structurală nici cu substratul — adică cu substanța asupra căreia va acționa enzima —, nici cu produsul — adică cu rezultatul acestei reacții chimice. Atunci, cum poate ea să activeze sau să împiedice activitatea catalitică a enzimei asupra substratului ?

Monod, Jacob și Monteux fac ipoteza că singura explicație constă în faptul că semnalul și substratul se potrivesc perfect în anumite locuri pe enzimă (pe molecula ei), ca o cheie în broască, și că semnalul își exercită efectul printr-o interacțiune între aceste locuri. În favoarea acestei ipoteze există date experimentale.

De pildă, Gerhart a arătat că o anumită enzimă reglatoare (aspartat-transcarbamylaza) are un anumit loc de legătură pentru substrat și un alt loc rezervat pentru un inhibator al activității sale. Moleculele au, așadar, prevăzute locuri anumite unde se vor anexa celelalte molecule.

Atunci, putem să ne întrebăm : cum influențează legarea unei molecule într-un loc asupra legării altei molecule într-alt loc al enzimei ? Se pare, după cum arată unele reprezentări matematice, că între aceste molecule există o conlucrare. O schimbare a structurii enzimei elimină împreună cu interacțiunea dintre substrat și inhibator și toate celelalte interacțiuni de conlucrare din molecula enzimei. Aceasta se aplică îndeosebi la legarea substratului.

Cercetările efectuate și datele obținute pînă în prezent au făcut pe Monod, Wyman și Changeux să presupună următorul model de lucru al sistemului de enzimă

reglatoare. Molecula enzimei constă dintr-un grup de subunităţi identice. Fiecare din aceste subunităţi ar conţine doar un singur loc anume pentru fiecare din moleculele cu care se poate uni — fie că acestea sînt molecule ale substratului sau semnale reglatoare.

Dacă presupunem că o moleculă este formată dintr-un număr precis şi limitat de subunităţi, aceasta ne face să ne gîndim că această moleculă are o axă de simetrie.

Să zicem că molecula enzimei ar putea să oscileze între două stări şi că în fiecare din aceste stări simetria sa este păstrată. Cele două stări simetrice se deosebesc între ele în ceea ce priveşte energia pe care o au legăturile dintre subunităţi. În starea sa de „relaxare", molecula enzimei va lega în mod preferenţial activatorul şi substratul ; în starea sa mai constrînsă, va lega inhibatorul.

Orice compus s-ar fixa, fie el substrat, inhibator sau activator, echilibrul enzimatic va fi astfel răsturnat încît va favoriza după aceea legarea numai a acelei categorii de molecule mici.

O schimbare a concentraţiilor relative ale substratului şi semnalelor ar putea, potrivit structurii lor moleculare, să răstoarne balanţa într-o parte sau într-alta. Astfel, modelul arată cum interacţionează între ele locurile de legare a substanţelor pe molecula de enzimă. Enzima, aşadar, ar putea primi diferite mesaje pur şi simplu prin adoptarea unei stări caracteristice de echilibru spontan între două stări.

Fenomene complexe

De la un punct, problemele legate de controlul activităţii chimice a celulelor par poate ceva mai complicate, dar toate aceste fapte nu fac decît să redea reala complexitate a fenomenelor ce au loc în intimitatea celulelor vii.

În lumina acestor cîteva exemple, este acum clar că paralela noastră, despre care vorbeam la începutul acestui material, între o mare uzină chimică şi celula vie nu era paradoxală şi nici exagerată. Firește, paralela

nu trebuie interpretată în mod mecanic. Ea vrea numai să arate cît de complexe sînt fenomenele din interiorul celulei vii.

Toate aceste produse chimice, în permanentă mișcare, neîncetat schimbătoare, par uluitoare la prima vedere. De ele depinde însăși viața noastră, a animalelor, a plantelor. În fiecare celulă vie se produc nenumărate „fabricații chimice". Să reținem : fiecare categorie de celulă are un anumit fel de activitate, produce anumite substanțe. Pentru aceasta să dăm un exemplu : celulele din ficat nu se ocupă cu aceeași producție chimică pe care o au celulele din mușchi ; celulele vegetale au o cu totul altă activitate decît cele animale.

Fiecare din aceste celule produc clipă de clipă o mare varietate de substanțe : enzime, substraturi, activatoare, represoare, aminoacizi, vitamine, glicogen etc. Unele dintre celule fabrică, în spațiul lor îngust, cîteva sute de substanțe diferite !

Prodigioasa activitate chimică a celulelor este controlată foarte strict. Este și necesar : într-adevăr, lipsa unui singur aminoacid — din cele vreo douăzeci necesare — poate duce la moartea celulei. Pe de altă parte, dacă se produce o cantitate prea mare dintr-o anumită substanță, aceasta poate duce la blocarea celulei, la încetinirea sau tulburarea activității ei. Așa se întîmplă, de pildă, în boala canceroasă.

Iată deci că exercitarea controlului asupra activității chimice a celulelor are o importanță vitală.

S-ar putea face o figură de stil, afirmînd că acest control inevitabil se face cu ajutorul... unor chei.

Într-adevăr, să ne imaginăm molecula enzimei, despre care am tot vorbit. Enzima : un catalizator, spuneam. Un intermediar prețios, care face și desface legături chimice, ajută ca două corpuri să se unească mai repede, formînd un al treilea, deosebit de important pentru organism. Enzima este „omul de legătură" de nelipsit al celulei.

Ei bine, enzima aceasta poate să înceteze să mai ajute ca reacțiile să se desfășoare, și atunci acea substanță la nașterea căreia este absolut necesar ca ea să asiste, își încetează (momentan) producția. Pe de altă

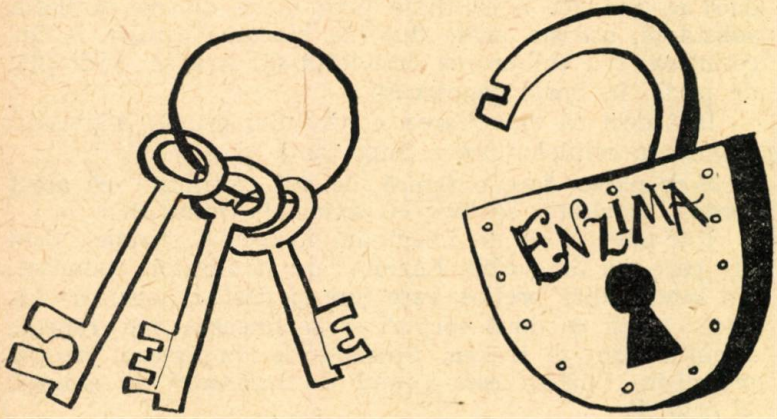
parte, există sute de enzime, pentru fiecare substanță fabricată cel puțin o enzimă, dar de obicei mai multe.

Enzima noastră are însă o serie de „chei". În molecula ei se află anumite locuri, astfel aranjate încît în ele se potrivește doar o anumită cheie, cu alte cuvinte o anumită moleculă mai mică. Dacă aceasta este inhibatorul, dacă în locul lăsat anume liber se introduce cheia numită „inhibator", atunci echilibrul enzimei se înclină, și ea dispretuiește substratul. Substratul este acea substanță asupra căreia ea acționează, făcînd-o să reacționeze mai iute. Dar dacă în locul dinainte aranjat a fost introdusă deja cheia inhibatorului, cealaltă cheie, a substratului, nu mai are succes !

Toată imaginea aceasta, în care enzima pare o broască cu mai multe chei, este — nu mai e nevoie să o amintim — pur figurativă.

Concluzia majoră care poate fi tradusă din studierea enzimelor ce reglează activitatea chimică în interiorul celulelor este că puterea lor de control și de reglare depinde în întregime de forma structurii lor moleculare.

Pare poate ciudat la prima vedere, dar dacă recitiți cu atenție textul acestei succinte prezentări, reiese evident că



de forma moleculei enzimelor atîrnă toate numeroasele și surprinzătoarele modificări biochimice care au loc în celula vie. În această structură este introdusă capacitatea de a

recunoaște și de a integra diferitele semnale — cheile despre care vorbeam mai înainte. Această precisă introducere a capacității de recunoaștere se aseamănă foarte mult cu modul în care fizicienii fixează, în calculatoarele lor electronice, în mașinile lor cibernetice, anumite posibilități de recunoaștere, de lucru !

Molecula enzimei răspunde semnalelor automat, prin modificări de structură ce vor duce la determinarea ritmului cu care se produce substanța respectivă. Un automat mai perfect este greu de imaginat : transpuneți, vă rog, situația într-o uzină. Gîndiți-vă la fabricarea unui produs chimic oarecare, pentru care ar fi nevoie de trei substanțe diferite. Imaginați-vă un automat care, fără să cheltuiască de loc energie, controlează producția, scăzînd ritmul de producere a uneia din substanțe, crescînd ritmul de fabricare a alteia, astfel încît proporția între ele să fie perfect echilibrată, adică aceea necesară obținerii substanței finale în cele mai bune condiții !

O ultimă întrebare așteaptă, probabil, pe buzele cititorilor : cum au ajuns aceste adevărate „mașini electronice biologice" la o asemenea perfecțiune ? În mod evident, răspunsul este că ele au ajuns la proprietățile lor remarcabile — după cum arată Jean-Pierre Changeux — prin jocul natural de mutații genetice și de selecție, care în decursul milioanelor de ani și-au ameliorat continuu alcătuirea, ajungînd pînă la o culme de eficiență greu de întrecut.

La sfîrșitul acestui material, trebuie amintit că datele expuse mai înainte nu epuizează nici pe departe toate problemele puse de „controlul producției chimice" al celulelor vii. S-ar mai putea discuta mult despre diferitele aspecte particulare ale acestui control, despre diferențele dintre diferitele celule vii sub acest aspect. S-ar putea arăta mai pe larg contribuția acizilor nucleici, faimoși pentru că ei transmit, în mod chimic, caracterele moștenite. Poate că ar mai trebui discutat despre deosebit de interesanta cercetare întreprinsă astăzi în laboratoarele de biochimie în legătură cu memoria și sediul ei : memorie care, după cum pare din ce în ce mai evident, are o natură chimică, fiind fixată în protoplasma celulei sub forma unor molecule ușor modificate.

Toate aceste probleme sînt foarte interesante : dar întreaga biochimie este deosebit de pasionantă, stîrnind aprigi discuții și uimiri frecvente. De aceea, socotim că scopul ne-a fost atins dacă cititorii acestor rînduri vor rămîne cu o curiozitate încă nesatisfăcută ba, dimpotrivă, aţîţată de complexitatea și diversitatea problemelor biochimiei.

■ ■ ■

CĂILE BIOCHIMIEI

Puține științe au o putere de fascinație atît de mare ca biochimia. Faptul acesta pare ușor explicabil, pentru că este vorba de viață, sub multiplele ei aspecte : iar viața reprezintă unul din subiectele care interesează pe toată lumea !

Se spune adeseori că biochimia face parte dintre cele mai noi științe, devenind „de sine stătătoare" — adică complet separată de fiziologie și de chimie — numai în ultimii 40 de ani. Aceasta este, desigur, adevărat, dar nu trebuie să uităm că preocupări de biochimie au existat cu multe secole înainte. În evoluția acestei științe, la fel ca a multor altora, se observă o accelerare istorică de necrezut. Într-adevăr, în timp ce primele etape se întind pe distanțe de secole, ultimele durează doar cîțiva ani. Descoperiri de mare importanță se făceau în trecut la intervale de veacuri ; astăzi, uneori, la cîteva săptămîni !

Să citām, printre înaintași, numele lui Priestley, descoperitorul oxigenului, care, în 1777, în lucrarea sa „Experiențe și observații asupra diferitelor feluri de aer", vorbește despre asimilarea bioxidului de carbon de către plante, punînd-o în evidență experimental.

O mare importanță a avut-o în biochimie (care pe atunci încă nu se născuse în mod oficial, ci se afla doar „în fașă") anul 1828. Atunci Wöhler a sintetizat ureea, o substanță care se găsește în urină și în sînge. Era un eveniment senzațional : pentru prima dată omul izbutea să obțină o substanță organică în eprubeta sa. Pentru a obține ureea, Wöhler a folosit două substanțe anorganice : cianatul de potasiu și sulfatul de amoniu. Era o lovitură de moarte dată vitalismului, care susținea că între substanțele organice și cele anorganice ar exista o graniță de netrecut. Amintim că substanțele organice sînt acele substanțe ce conțin carbon și care se întîlnesc în animale sau plante ; printre substanțele organice sînt cuprinse totuși și unele, ca eterul sau cloroformul, care pot fi preparate în laborator și nu se găsesc în organismele vii. Vitaliștii susțineau că sinteza substanțelor organice este imposibilă în laborator și că ea nu poate avea loc decît în ființele vii.

Sintetizarea ureei a însemnat o poartă deschisă biochimiei către noi progrese: un mare număr de substanțe organice au început să fie sintetizate, dintre care o bună parte se întîlneau și în țesuturile plantelor și animalelor. Pe de altă parte, aceasta a răsturnat pretențiile vitaliștilor că la aceste substanțe ar fi asociat un anumit „mister".

Între timp, oamenii acumulau cunoștințe noi în diferite domenii ale științelor care astăzi intră în strîns contact cu biochimia.

În septembrie 1837, la Praga avea loc un memorabil congres al cercetătorilor naturii și al medicilor. Acest congres avea să rămînă în istoria științei pentru cîteva fraze rostite de un om de știință, pe nume Jan Evangelista Purkyné. Pentru prima dată în lume, Purkyné a exprimat atunci ideea că nu numai plantele, ci și animalele sînt alcătuite din celule. De remarcat că pe atunci nu numai că nu exista termenul celulă, dar nici măcar concepția despre celulă nu prinsese viață. De aceea, Purkyné nu întrebuințează termenul „celulă", ci vorbește despre „grăunțe", „părticele". Iată cele cîteva fraze despre care omenirea își amintește și astăzi: „Așadar, organismul animalelor se bazează pe trei forme principale, una lichidă, alta sub formă de părticele și alta sub formă de vase. Forma de părticele ne face să ne gîndim la alcătuirea plantelor, care, după cum se știe, sînt formate aproape în întregime din părticele sau celule. Astfel, la fel după cum la plantă fiecare așa-numită celulă își posedă propria ei viață (vita propria), prin care ea își pregătește propriile ei substanțe din sucul general și excretă anumite sucuri în spațiul general, tot așa putem să ne reprezentăm ceva asemănător despre formarea și distrugerea părticelelor din animale".

Iată, așadar, că Purkyné nu numai că arăta clar alcătuirea celulară a corpului animalelor, dar vorbea și despre procesele biochimice din interiorul acestor celule.

O etapă importantă este demonstrația făcută în 1837: că drojdia de bere este un organism viu, asemănător cu plantele, care provoacă fermentația alcoolică a zahărului. Constatarea îi aparține lui Schwann. Au fost însă necesare studiile lui Pasteur asupra „acririi" vinurilor și laptelui, pentru a elucida aceste fenomene. Totuși, și Pasteur făcea o greșeală: el susținea că totul se datorește „activității vitale" a drojdiei și a anumitor microorganisme, cărora le-a spus „fermenți". Această părere a trebuit modificată, atunci cînd frații Buchner au dovedit, în 1897, că preparatele de drojdie din care au fost eliminate celulele vii erau totuși în stare să fermenteze zaharurile! Substanțele care provocau aceste modificări au primit numele de ferment sau enzimă (din limba greacă „în drojdie"). Această dată — anul 1897 — poate fi considerată, oarecum convențional, ca momentul afirmării biochimiei ca știință separată. După cum se vede, biochimia își trage originea din studiul fermentației. Astăzi, enzima este unul din cuvintele magice ale biochimiei moderne!

Să ne întoarcem însă la celulă și la anul 1839. În acel an, într-o carte apărută la Berlin, Theodor Schwann lărgește teoria celulei și o fundamentează.

Cartea respectivă avea un titlu semnificativ : „Cercetări microscopice asupra concordanței în ce privește structura și creșterea animalelor și plantelor". Schwann a fost inspirat în bună parte în lucrarea sa de către botanistul Schleiden. Acești doi cercetători au fundamentat împreună „Teoria celulei", potrivit căreia celula reprezintă o unitate elementară standard, fundamental asemănătoare în regnurile vegetal și animal.

Nici Schleiden, nici Schwann nu aveau idei prea exacte despre părțile care alcătuiau celula : ei vorbeau mai cu seamă despre nucleul și membrana acesteia. Treptat, noțiunile se completează. Spre sfîrșitul celui de-al XIX-lea veac, tehnica citologiei — știința despre celule — se perfecționează și microscoapele optice sînt utilizate „pînă la randamentul lor maxim", pe care, din nefericire, o lege a opticii le împiedică să-l depășească.

Un alt nume mare care nu poate fi omis este cel al lui Claude Bernard (1813—1878). Cercetările sale au scos în evidență faptul că corpul nu numai că folosește alimentele pentru a obține energie, dar în același timp clădește din aceste alimente unele substanțe, uneori foarte complexe. Astfel, el a arătat că glicogenul din ficat, care servește ca o rezervă de zahăr a organismului, este sintetizat de acest organ din glucoza aflată în sînge. De asemenea, el a observat și a scos în evidență neschimbarea mediului intern al corpului, indiferent de schimbările din mediul extern.

Și acum să pășim cu încredere în secolul nostru : cercetările și descoperirile se acumulează într-un ritm din ce în ce mai vertiginos. În 1906, F. G. Hopkins presupune că există factori alimentari care acționează în cantități foarte mici și fără de care sănătatea animalului (și omului) ar suferi, chiar dacă i s-ar da din belșug grăsimi, proteine și zahăr. Aceste mărunte, dar însemnate substanțe s-au dovedit mai apoi a fi vitaminele. Tot Hopkins a devenit cunoscut pentru lucrările sale asupra producerii acidului lactic în mușchi, ca și pentru studiile asupra metabolismului, adică asupra continuei descompuneri și resintetizări a fiecărei substanțe din corpul viu. Recent, studiile de acest tip au fost verificate și duse mai departe de cercetări făcute cu atomi marcați (printre care sînt celebre acelea ale lui Schoenheimer).

Și țesuturile respiră. Cum ? Prin ce mijloace ? Aceste întrebări au fost clarificate prin studiile lui Wieland, Warburg și Thunberg asupra enzimelor respiratorii. Lohmann, Engelhard și Szent György au adus, de asemenea, contribuții esențiale la problema biochimiei contracției musculare. Amintim că biochimistul ungur Szent György este și descoperitorul vitaminei C.

O etapă esențială în studiul celulelor vii a fost atinsă în clipa în care oamenii de știință au început să se preocupe de reacțiile chimice ce au loc în aceste minuscule unități ale vieții. Pînă prin 1935, oamenii de știință respectivi stăteau retrași în propriile lor preocupări, fără să arunce o privire în „grădina vecinului". Cu alte cuvinte, citologii, specialiștii întru celule, nu erau interesați de compoziția chimică a structurilor pe care le studiau. Pe de altă parte, biochimiștii nu arătau nici ei vreun interes în ce privește locul în

care se aflau situate substanțele intracelulare pe care le izolau.

Avea vreo importanță acest lucru ? Fără îndoială. Însemnătatea „localizării" substanțelor chimice în interiorul acestui univers pe care-l reprezintă celula se dovedește astăzi a fi extraordinară. De această localizare depinde, printre altele, aspectul copilului care se naște, gradul său de inteligență și o sumedenie de alte caractere — mai precis, toate !

Să urmărim chiar acest exemplu. Pe acea vreme (1935—1940) acizii nucleici erau cunoscuți, într-adevăr, dar despre ei se știau lucruri destul de vagi. Se arăta, astfel, că era vorba despre niște molecule mari, care aveau două tipuri diferite și erau prezente în ființele vii. Rolul lor nu prea era bine limpezit. Metodele de izolare erau destul de empirice, iar dozajul suficient de impur. De aceea, se credea că un anume tip de acid nucleic se întîlnește în lumea vegetală, iar celălalt tip la animale.

Pe măsură ce oamenii de știință își continuau cercetările în laboratoarele lor, devenea mai evident că această imagine era simplistă și nereală.

Într-adevăr, în anii 1940 și 1941, Brachet și Caspersson au arătat, fiecare independent, că aceste două tipuri de acizi nucleici se găseau și la plante, și la animale. Importantă era localizarea lor în interiorul celulei ! Unul din acești acizi, și anume acidul dezoxiribonucleic, se găsește în toți nucleii celulelor, fie la plante, fie la animale. Celălalt, acidul ribonucleic, se găsește atît în citoplasmă (în afara nucleului), cît și în nucleu, dar este altfel repartizat...

Se cunoaște importanța pe care a avut-o această cercetare biochimică asupra ulterioarei dezvoltări a științei eredității. Astăzi se știe că acești doi acizi poartă în moleculele lor amprenta viitoarei ființe : ei determină caracteristicile ereditare. Pe măsura ordinelor lor, iau naștere noi substanțe, necesare organismului, „conform planurilor interioare ale celulei".

Din clipa în care s-a aflat importanța stabilirii „în spațiul îngust al celulei" al locului precis în care se află anumite substanțe chimice, cercetătorii s-au aplecat sistematic asupra studiilor de acest fel. S-au folosit, pentru acest scop, metode ingenioase de izolare, printre care centrifugarea fracționată, precum și metode optice noi. Microscopul electronic face, în sfîrșit, posibilă trecerea barierei optice : acea limită de 0,2 microni (0,2 miimi de milimetru) care multă vreme a părut de netrecut. Se puteau vedea acum dimensiuni de două sute de ori mai mici. Cu ajutorul noului instrument, materia vie poate fi astăzi studiată la un nivel, am spune de organizație intermediară, între celule și molecule chimice.

Rezultatele noilor metode, aplicate abia de 15 ani, reprezintă o bogată recoltă. Printre cele mai recente poate fi numărată victoria — deocamdată în stadiu de laborator — împotriva silicozei, boală provocată de praful de bioxid de siliciu. Anul trecut a fost descoperit mecanismul prin care bioxidul de siliciu „ucide" celulele : aceste cercetări au fost posibile numai datorită localizării foarte precise a diferitelor substanțe și organite ale celulei. Astăzi, pe urma acestei descoperiri, se încearcă aplicarea unui tratament prin

substanțe chimice care ar neutraliza efectul pulberilor tot la nivelul „interiorului" celulei!

În ultimul timp, biochimia evoluează cu pași de uriaș. Perfecționarea tehnicilor de cercetare a făcut posibilă cunoașterea tainelor proceselor biochimice care au loc în intimitatea celulei și a nucleului.

În sfîrșit, să nu uităm că și pe linia sintezelor s-au făcut în ultimul timp progrese importante. În anul 1966 s-a obținut o victorie de mare răsunet științific: sinteza totală a insulinei. Este pentru prima oară cînd chimiștii izbutesc să sintetizeze o moleculă proteică atît de mare și care posedă, în același timp, proprietăți biologice.

Ce surprize ne mai așteaptă în viitor din partea biochimiei? Sinteza vieții în eprubetă? Descoperirea tainelor sănătății, ale îmbătrînirii, ale morții? Înfrîngerea bolii canceroase? Sînt numai cîteva din promisiunile acestei tinere științe.

■

ANTOINE LAURENT LAVOISIER (1743—1794)

Savant francez, născut la Paris în 1743.

Personalitate științifică puternică, unul dintre fondatorii chimiei moderne, posesor al unui bogat volum de cunoștințe din cele mai variate domenii, ca: matematica, astronomia, botanica, anatomia, geologia, s-a manifestat întotdeauna ca o minte excepțional de clară, de metodică.

Marele merit al lui Lavoisier este introducerea în chimie a metodei cantitative de cercetare, pe care el a susținut-o cu un bogat material experimental.

Ca rezultat al nenumăratelor experiențe în laboratorul său, Lavoisier ajunge la concluzia că masa substanțelor intrate în reacție este întotdeauna egală cu masa substanțelor formate ca rezultat al reacției. Aceasta este *legea conservării materiei.*

Lavoisier a studiat compoziția aerului și a descoperit oxigenul, stabilind rolul lui în respirație și combustia internă a ființelor vii. Tot lui îi datorăm stabilirea compoziției acidului carbonic.

Pentru prima dată el dă o nomenclatură substanțelor chimice ca: acizi, baze, săruri — nomenclatură rămasă pînă în zilele noastre.

În fizică a efectuat lucrări remarcabile asupra căldurii și a proprietăților corpurilor aflate în stare gazoasă.

S-a ocupat, printre altele, de probleme privind sistemul de iluminare a străzilor, agricultura experimentală și de crearea unei hărți geologice a Franței.

A făcut parte din comisia însărcinată cu stabilirea sistemului metric.

Lavoisier a fost un adept al concepțiilor materialiste ale gînditorilor epocii în care a trăit. Moare ghilotinat în 1794 ca participant la mișcarea „fermierilor generoși".

CLAUDE BERNARD (1813—1878)

S-a născut la 12 iulie 1813 într-un mic sat, Saint-Julien-de-Villefranche. Era fiul unui viticultor care, ruinîndu-se, deveni institutor. Copil, intră la colegiul catolic din Villefranche, unde însă nu este atras în mod deosebit de nici una din materiile predate. Curînd însă este retras pentru că părinții săi nu mai aveau bani să plătească taxele școlare.

Așa se face că Claude Bernard ajunge „preparator" al farmacistului Millet din Vaise. Într-o bună zi Claude Bernard crede că, în sfîrșit, și-a găsit vocația : el scrie un vodevil, care este chiar jucat la un mic teatru din Lyon.

Înfierbîntat de primul său succes, părăsește pentru totdeauna farmacia și pleacă spre Paris, purtînd în bagaje manuscrisul unei drame istorice. Saint-Marc Girardin, profesor de literatură la Sorbona și critic, îi citește într-o doară piesa și-i spune că nu are talent dramatic.

Claude, furios pentru eșecul pe care l-a avut, se înscrie la Facultatea de medicină. Urmează cursurile cu regularitate, dar nu este prea interesat de lecțiile mediocre pe care are ocazia să le audă. La 26 de ani își termină studiile superioare și devine medic internist. Acum este remarcat de profesorul Magendie, membru al Academiei de medicină franceză și un bun experimentator. În laboratorul lui Magendie, el capătă pasiunea experimentării. Mînuind cu o virtuozitate rară bisturiul, Claude Bernard îi uimește pe cei din jurul său cu precizia lucrărilor sale.

Spre deosebire de Magendie, care privea și observa, Claude începe să facă ipoteze, ipoteze îndrăznețe pe care căuta apoi să le verifice, supunîndu-le unui control riguros. Experiențele sale devin acum mai bine organizate decît cele ale profesorului, rezultatele sînt mai spectaculoase.

Efectul nu se lasă multă vreme așteptat : ros de invidie, Magendie îi interzice să mai utilizeze laboratorul lor comun pentru „scopuri personale", adică pentru propriile sale cercetări.

Claude Bernard folosește atunci un alt așa-zis „laborator" : o pivniță umedă, fără lumină și aer, pe care a utilizat-o după aceea ani întregi. Aici, ca și în laboratorul de la Collège de France, pe care ulterior putu din nou să-l utilizeze, în urma îmbătrînirii profesorului său, Claude Bernard își face experiențele asupra digestiei. Aceste experiențe aveau să uimească pe medicii și biologii vremii. Într-adevăr, teoria în vogă pe atunci spunea că digestia nu-i altceva decît un simplu proces de lichefiere a alimentelor. Claude Bernard arată că procesele sînt cu mult mai complicate.

Tot de biochimie se leagă și ideea lansată de dînsul în 1843, și anume că animalele *nu sînt numai simple consumatoare de substanțe*, pe care le iau de la plante. El a afirmat că, la rîndul lor, animalele pot fabrica substanțe pe care le sintetizează în celulele corpului lor. De exemplu, el a demonstrat că ficatul fabrică zahăr.

În ciuda intrigilor, meritele sale sînt recunoscute și catedra de botanică de la Sorbona este transformată în catedră de fiziologie. În 1854 este primit la Academia de Științe.

Numeroase dificultăți practice, materiale, au stat în calea bunei desfășurări a cercetărilor sale. „Am cunoscut — scria Claude Bernard — durerea savantului care, din lipsa mijloacelor materiale, nu putea întreprinde sau realiza experiențele pe care le concepe și este obligat să renunțe la unele cercetări sau trebuie să-și prezinte descoperirea în starea de schiță neterminată".

Cercetările sale se țin lanț. Munca intensă în laborator, vînătoarea după descoperiri nu-i lăsau savantului nici un moment liber. În urma unei boli grave, Claude Bernard a trebuit totuși să ia o lună de vacanță, pe care și-a petrecut-o la țară. Acolo începe să scrie celebra sa „Introducere la studiul medicinei experimentale", care apare în 1865.

Cartea se adresa biologului, medicului, cărora le dă o sarcină importantă de cercetare. Marele merit și noutatea cărții constă în faptul că arată că procesele vieții nu sînt prin esență inaccesibile, așa cum se credea: ele sînt de aceeași natură cu acelea studiate zi de zi de fizică și de chimie, fără intervenția nici unui fenomen supranatural. Acest punct de vedere era revoluționar pentru acea epocă. Mare parte din biologi credeau pe atunci că în ființele vii sălășluia un „principiu vital" care nu poate fi studiat, și recunoșteau astfel neputința științei.

Cartea a fost primită bine de întreaga lume științifică. În 1868, Claude Bernard este acceptat la Academia franceză. O nouă eră de studii fusese deschisă în biologie. Dar savantul era acum bolnav. Datorită proastelor condiții de lucru, boala sa se agravează și, în ziua de 10 februarie 1878, Claude Bernard moare.

Există viaţă pe alte planete?

Prof. univ. dr. docent
VICTOR NADOLSCHI

Problema existenţei vieţii extraterestre a preocupat pe om din cele mai vechi timpuri. Observînd corpurile cereşti omul şi-a pus deseori întrebarea dacă şi pe alte planete există fiinţe asemănătoare lui, cu care, eventual ar putea să ia legătura. S-au făcut tot felul de presupuneri în această direcţie, unele mai realiste, bazate pe date ştiinţifice, altele mai fantastice. În zilele noastre această problemă a căpătat un aspect ştiinţific, ca urmare a succeselor obţinute de astronomie şi alte ştiinţe care includ cercetări extraterestre. În acest scop ştiinţa îşi îndreaptă toată atenţia spre studiul condiţiilor existente pe diferite planete.

Însuşirile esenţiale ale planetelor

Se ştie că Soarele ocupă o poziţie centrală, la propriu şi la figurat, în sistemul planetar. În jurul Soarelui se mişcă nouă planete mari : Mercur, Venus, Pămînt, Marte, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun şi Pluton, precum şi cîteva mii de planete mici, nenumărate comete, meteoriţi, pulberi cosmice etc.

Primele cinci planete mari (fără să socotim Pămîntul) erau cunoscute din timpuri preistorice. Vechii greci și romani le-au dat denumirile principalelor lor zeități : planeta Mercur, care ocolește Soarele în numai 88 de zile, a primit numele zeului Mercur ; ca „mesager al zeilor" acesta trebuia să îndeplinească cît mai urgent însărcinările pe care le primea.

Cea de-a doua planetă a fost numită după zeița frumuseții — Venus (la greci Afrodita). Este cea mai frumoasă și cea mai strălucitoare dintre toate planetele. Este planeta care se vede numai fie înaintea răsăritului fie după apusul Soarelui. Este Luceafărul (în latinește Lucifer — în grecește Fotoforos) de dimineață sau de seară.

Din cauza luminii sale roșietice, amintind oarecum de incendii și de sînge, planeta Marte a căpătat numele zeului roman al războiului.

Următoarea planetă a fost numită — în cinstea zeului principal al romanilor — Jupiter. Ea este numai cu puțin mai slabă decît Venus și înconjură Soarele în aproape 12 ani.

Ultima dintre planetele cunoscute în antichitate, Saturn — a fost denumită după zeul timpului și al morții — din cauza culorii sale palide-verzui și a mișcării încete printre stele.

În secolul al XVIII-lea Wiliam Herschel a descoperit (întîmplător) planeta următoare care a fost denumită Uranus (zeul cerului la romani). Pe la jumătatea secolului al XIX-lea Le Verrier și Adams descoperă (pe baza unui calcul complicat) planeta Neptun (denumită după zeul roman al mărilor), iar la sfîrșitul deceniului al 3-lea al secolului nostru astronomul Tombaug a descoperit și ultima planetă mare din cele cunoscute pînă în prezent, denumind-o Pluton (după zeul latin al lumii subpămîntene).

Toate planetele mari (îl vom excepta mereu pe Pluton despre care se știu încă prea puține lucruri) se împart după dimensiuni, masă și densitate în două grupe distincte. Mercur, Venus și Marte se deosebesc relativ puțin de Pămîntul nostru și împreună cu el formează prima grupă. Cealaltă grupă este formată de planetele gigante : Jupiter,

Saturn, Uranus și Neptun, care au dimensiuni foarte mari, au și mase mari dar densități mult mai mici decît planetele din prima grupă.

Perioada de rotație a planetelor gigante este mult mai scurtă decît la planetele din grupa Pămîntului. Ele au și atmosfere incomparabil mai dense și mai întinse decît acelea ale planetelor mai mici. Masele lor sînt mult mai mari decît masa Pămîntului : a lui Uranus — de 15 ori, a lui Neptun — de 17 ori, a lui Saturn — de 95 de ori, iar a lui Jupiter, planeta cea mai mare și mai masivă — de 318 ori. Această masă mare explică și marea întindere a atmosferei lui Jupiter — capabilă să rețină și gazele cele mai ușoare ca hidrogen sau heliu.

În același timp densitatea planetelor-gigante este numai cu puțin mai mare decît densitatea apei, iar în cazul lui Saturn chiar mai mică. Rezultă de aici că straturile exterioare ale acestor planete sînt fie gazoase — fie alcătuite din materii extrem de ușoare. Atmosferele planetelor mari ating grosimi enorme de zeci de mii de kilometri.

Ne putem pune întrebarea : în ce mod pot fi studiate atmosferele planetelor atît de depărtate de noi ?

Proprietățile acestor atmosfere se pot cunoaște printr-o judicioasă aplicare a *analizei spectrale*. S-ar părea că analiza spectrală nu poate fi aici de nici un folos întrucît planetele nu emit o lumină proprie ci reflectă spre noi lumina pe care o primesc de la Soare. Așadar, spectrul unei planete ar trebui să fie identic cu spectrul Soarelui și să nu ne spună nimic cu privire la planeta considerată.

Lucrurile se întîmplă întocmai în cazul planetelor care *nu au atmosferă ;* spectrul lui Mercur fiind identic cu cel al Soarelui înseamnă că Mercur nu are atmosferă sau are numai urme extrem de slabe ale unui înveliș gazos. Din același motiv se conchide că nici Luna, satelitul natural al Pămîntului, nu are o atmosferă sensibilă.

În cazul planetelor prevăzute cu un înveliș gazos, cu o atmosferă, razele solare care cad pe suprafața planetei trec mai întîi prin această atmosferă iar după ce se reflectă de solul planetei și-i mai traversează încă o dată atmosfera ajunge în spectrograful observatorului terestru.

Atmosfera planetei absoarbe parțial unele radiații solare. Fiecare dintre gazele ce compun această atmosferă reține anumite radiații bine determinate. În spectrul planetei fotografiat pe Pămînt lipsa acestor radiații se traduce prin apariția unor linii și benzi întunecate în locurile corespunzătoare din spectru. Aceste linii și benzi ne permit să aflăm felul gazului, iar intensitatea lor mai mare sau mai mică ne permite evaluarea cantității relative a gazului considerat. Care sînt, în linii mari, rezultatele acestor cercetări ?

Am văzut că Mercur nu are o atmosferă observabilă. În schimb următoarea planetă, Venus, are o atmosferă mult mai densă decît atmosfera Pămîntului nostru. Compoziția acestei atmosfere diferă mult de cea a aerului pe care-l respirăm : ea conține foarte mult bioxid de carbon (cam de 500 de ori mai mult decît aerul nostru), nu conține deloc oxigen și conține numai o cantitate infimă de vapori de apă. Totuși în atmosfera lui Venus plutesc nori denși, care ne împiedică să vedem solul planetei ; s-ar putea ca sub stratul de nori compoziția atmosferei să fie diferită și, în particular, să conțină o cantitate mai mare de vapori de apă.

Atmosfera lui Marte este mult mai rarefiată decît atmosfera terestră, în ea s-au identificat bioxidul de carbon (în cantități mai mici decît pe Venus), foarte puțin oxigen și urme de vapori de apă. S-a putut deduce teoretic prezența unor cantități mari de azot. Densitatea aerului de pe Marte este comparabilă cu densitatea atmosferei terestre la o altitudine de 10—15 km.

În sfîrșit, atmosferele planetelor gigante se aseamănă mult între ele și diferă, tot atît de mult, de atmosfera Pămîntului. Sînt atmosfere foarte întinse și dense, compuse mai ales din hidrocarburi gazoase (în special din metan). În atmosferele lui Jupiter și Saturn se constată și mari cantități de amoniac. Acest gaz dispare din atmosferele lui Uranus și Neptun, temperatura acestor planete, extrem de depărtate de Soare, fiind atît de scăzută încît întregul amoniac din atmosferă s-a cristalizat și s-a depus pe scoarța solidă a planetelor.

Răspîndirea vieţii în univers

Mulţi oameni mai consideră şi astăzi că Pămîntul ar fi unicul corp cosmic purtător al vieţii. Multe religii au propagat în trecut şi mai propagă şi astăzi acelaşi lucru.

Totuşi şi ideea posibilităţii vieţii pe alte planete a avut în toate timpurile numeroşi adepţi. Cu mii de ani înaintea perioadei actuale, numeroşi filozofi şi oameni de ştiinţă s-au interesat de această problemă. G. Tihov afirmă că se pot cita 110 nume de filozofi, scriitori şi astronomi din cele mai vechi timpuri şi pînă în sec. al XVIII-lea care au admis posibilitatea vieţii extraterestre.

Vedele, cărţile sfinte ale brahmanilor din India, se numără printre cele mai vechi cărţi ale omenirii. În ele găsim exprimată ideea că alte corpuri cereşti sînt asemănătoare Pămîntului şi că „sufletele se pot reîncarna pe alte planete". Aşadar, Vedele admit că pe alte planete ar putea exista condiţii favorabile vieţii.

Vechii greci şi romani admiteau şi ei că Pămîntul n-ar fi singurul corp cosmic locuit. Astfel filozoful Mitrodor scria că „a admite că Pămîntul este singurul corp locuit în infinitatea spaţiului este tot atît de absurd cu a spune că pe un ogor enorm n-ar creşte decît un singur spic de grîu".

Poetul şi filozoful materialist roman Lucretius scria că „lumea vizibilă nu poate fi unică şi de aceea trebuie să credem că în alte regiuni ale universului există alte Pămînturi, alte fiinţe vii şi alţi oameni".

Credinţa în „pluralitatea lumilor locuite" a început să se răspîndească mai ales după apariţia în 1543 a operei lui Copernic în care se arăta, între altele, că Pămîntul nu este centrul întregului univers ci o simplă planetă ca toate celelalte. Ideea pluralităţii lumilor locuite a fost propagată în Italia de Giordano Bruno şi Galileo Galilei, în Franţa de Blaise Pascal şi René Descartes, în Germania de Johann Kepler şi Wilhelm Leibniz, în Anglia de Edmond Halley şi Isaac Newton, în Rusia — de Mihail Lomonosov.

Filozofia materialist-dialectică, fundamentată în secolul al XIX-lea prin lucrările lui Karl Marx şi Friedrich Engels, consideră că viaţa este o formă superioară a evoluţiei materiei şi că ea trebuie să apară oriunde va găsi condiţii favorabile. Rezultă de aici că viaţa există nu numai pe

Pămînt, ci şi pe alte corpuri cosmice, infinit de multe. Aceste principii filozofice sînt confirmate de rezultatele ştiinţelor biologice. Biologia admite că proprietăţile vieţii în univers sînt în esenţă aceleaşi dar pot lua cele mai diferite forme, adaptabilitatea fiinţelor vii la condiţiile mediului înconjurător fiind deosebit de mare.

Principalele elemente chimice care intră în compoziţia materiei vii sînt peste tot carbonul, azotul, oxigenul şi hidrogenul. Totuşi formele pe care le îmbracă compuşii chimici ai acestor elemente sînt şi trebuie să fie extrem de variate în funcţie de însuşirile fizice şi chimice ale mediului ambiant. De asemenea şi procesele vitale esenţiale pot lua cele mai diferite aspecte la diferite specii, genuri etc. de fiinţe vii.

În ultimele decenii cercetarea problemei vieţii în univers a făcut multe progrese esenţiale. La aceasta au contribuit şi studiile asupra fiinţelor vii din medii terestre care pînă nu demult nu au fost accesibile oamenilor de ştiinţă. Aici trebuie menţionate studiile asupra florei şi faunei din cele mai mari adîncimi oceanice, a florei şi faunei arctice şi antarctice, studiul condiţiilor biologice de pe vîrfurile munţilor înalţi etc.

Viaţa pe Marte ? Primele cercetări şi ipoteze

Dintre toate planetele sistemului nostru solar, Marte a atras cel mai mult atenţia astronomilor încă din secolul al XVII-lea, cînd observaţiile au început să fie efectuate tot mai mult cu ajutorul lunetelor şi telescoapelor (Galileo, Scheiner, Römer, Huygens, Hevelius, D. Cassini şi alţii). S-a constatat că, cel puţin atunci cînd Marte se apropie cel mai mult de Pămînt — adică pînă la o distanţă de 56 000 000 km, ceea ce se întîmplă o dată la 15 (sau 17) ani, la aşa-zisele „opoziţii mari“ — pe suprafaţa planetei se pot observa numeroase detalii : pete neregulate de o coloraţie mai închisă decît restul discului. S-a constatat că aceste pete îşi păstrează neschimbată poziţia lor faţă de suprafaţa planetei precum şi formele lor. Acest fapt a permis să se determine, cu cea mai mare precizie, perioada de rotaţie a lui Marte. Unii dintre primii observatori au

semnalat și faptul că coloraţia acestor „formaţii marţiene“ se schimbă uneori — dar nimeni n-a acordat, pe atunci, nici o importanţă acestui fapt.

Primele desene colorate ale planetei au fost efectuate de Angelo Secchi în 1858, apoi în 1867 Richard Proctor a alcătuit o hartă destul de amănunţită a suprafeţei lui Marte. Planeta a devenit însă deosebit de celebră după marea opoziţie din 1877 cînd astronomul italian Giovanni Schiaparelli a publicat observaţiile sale asupra suprafeţei lui Marte cu desenele respective pe care au apărut pentru prima dată celebrele „canale“ : linii subţiri, rectilinii, care uneau între ele petele întunecate (numite convenţional „mări“) și se întretăiau în mici puncte întunecate — „oaze“. Multe dintre aceste „canale“ păreau duble.

Deși Schiaparelli nu s-a pronunţat asupra naturii sau originii acestor formaţii, foarte multă lume — printre care și unii oameni de ştiinţă — a început să le considere ca pe niște adevărate „canale de irigaţie“, opera unor fiinţe inteligente care ar locui planeta vecină. Ideea a fost susţinută în special de astronomul american Percival Lowell care, în 1893, a clădit în localitatea Flagstaff din statul Arizona (S.U.A.) un observator astronomic destinat mai ales observării suprafeţei planetei Marte. Lowell a alcătuit multe hărţi ale planetei în care apar și mai multe canale decît pe desenele lui Schiaparelli. Totuși ambii aceşti observatori dispuneau numai de instrumente de putere mijlocie, ca și alţi numeroși observatori care au început, cam tot în acelaşi timp, „să vadă“ și să descrie canalele marţiene.

Realitatea acestora din urmă a fost însă pusă sub semnul întrebării pe la începutul secolului nostru cînd mai mulţi observatori cu renume mondial și care foloseau cele mai mari instrumente existente pe atunci (ale observatoarelor Mount Wilson și Yerkes din S.U.A.) au declarat că „n-au reuşit să vadă nici urmă de canale“. Printre aceşti astronomi a fost și Edward Emerson Barnard, o autoritate în domeniul observării obiectelor cereşti slabe. S-au emis mai multe ipoteze cu privire la „canale“ : cea mai verosimilă a fost ipoteza care explica fenomenul printr-o iluzie optică. Pe Marte ar exista în realitate mici formaţii — punctiforme sau filiforme neregulate — aflate la limita vizibilităţii instrumentelor mijlocii ; ochiul omului ar avea

proprietatea de a le reuni prin linii drepte — inexistente de fapt. S-au imaginat și experiențe interesante de laborator care sprijineau această ipoteză. Așadar, există pe Marte unele formații mici, dar forma lor reală nu ne îndreptățește să le atribuim activității unor „marțieni inteligenți".

Un progres în tehnica observării suprafeței lui Marte a fost introdus de astrofizicianul rus G. A. Tihov, care, observînd planeta la Pulkovo în timpul marii opoziții din 1906, a folosit pentru prima dată filtre colorate. Cu ajutorul lor s-a putut face o colorimetrie științifică cantitativă a formațiilor marțiene. Atît Tihov cît și numeroși alți astronomi care i-au continuat lucrările (mai ales în Franța și S.U.A.) au stabilit precis mai multe lucruri care pînă atunci erau mai mult presupuse : 1) „Calotele polare" — întinsele pete albe ce se observă în jurul polilor planetei — se topesc cînd în emisfera respectivă începe anotimpul cald. Din viteza topirii lor s-a putut deduce că grosimea stratului de materie solidă înghețată care le formează (zăpada ?) trebuie să fie foarte mică — de ordinul milimetrilor. Reamintim că pe Pămînt calotele polare, formate din ghețari cu grosimi de sute de metri, nu se topesc niciodată — deși Pămîntul este mult mai aproape de Soare decît Marte. Concluzia care se poate trage de aici este că pe Marte apa este extrem de puțină. Cum analiza spectrală nu arăta urme de vapori de apă în atmosfera marțiană, unii cercetători admiteau că aceste calote polare ar fi formate din alte substanțe chimice, cum ar fi „zăpada" de bioxid de carbon. Astăzi se admite însă existența apei pe Marte, deși în cantități incomparabil mai mici decît pe Pămînt. 2) Corelația petelor marțiene de culoare închisă se schimbă după anotimp : în timpul verii marțiene aceste pete au o colorație verde-albăstruie, spre toamnă ele devin ruginii-cafenii, apoi cenușii și rămîn cenușii și foarte slabe, aproape invizibile, în timpul iernii, ca primăvara să se intensifice din nou căpătînd nuanța albăstruie caracteristică. 3) Uneori apar pe Marte „cețuri" care fac ca formațiile să devină greu vizibile : se pare că este vorba despre norii de praf ridicați în atmosfera planetei, iar nu despre nori de picături de apă ca cei de pe Pămînt.

Se părea la început că toate acestea ar fi suficiente pentru a se putea afirma existența pe Marte a vieții vegetale. Această ipoteză, atît de naturală aparent, se lovea însă de dificultăți serioase : oare poate exista vegetație în condiții atît de grele ca cele de pe Marte ? Într-o atmosferă atît de rarefiată și aproape lipsită de apă și oxigen ? Și la temperaturi atît de joase ca cele stabilite teoretic și empiric pentru Marte ? Schimbarea sezonieră a colorației unor formații se poate explica și altfel : și pe Pămînt unele nisipuri umede au o colorație verzuie — colorație ce dispare prin uscarea sau înghețarea acestor nisipuri. N-ar fi mai natural să interpretăm în acest fel și „schimbările sezoniere" marțiene — fără să recurgem la ipoteza unei vegetații ?

Și totuși... astrobotanica !

G. A. Tihov nu se împăca însă cu explicații „mineralogice" ale variațiilor sezoniere. El avea însă nevoie de dovezi mai convingătoare și acestea erau greu de obținut.

Dacă spectrul luminii emise numai de regiunile verzui de pe Marte ar prezenta benzi de absorbție caracteristice clorofilei — substanța verde din compoziția plantelor terestre — atunci acest fapt ar constitui un argument foarte convingător în favoarea originii vegetale a formațiilor marțiene verzui. Atît Tihov cît și numeroși alți astrofizicieni au căutat „benzile clorofilei" în 1909, 1918 și 1920, dar fără nici un rezultat. Nu au găsit aceste benzi nici planetografii americani care lucrau sub conducerea lui Percival Lowell.

În 1939 cunoscutul planetograf sovietic V. V. Șaronov a făcut o observație care părea a constitui un nou argument împotriva ideii vieții vegetale pe Marte. El a constatat anume că petele verzui de pe Marte absorb radiațiile infraroșii pe cînd vegetațiile terestre reflectă aceste radiații : concluzia ar fi că petele marțiene respective *nu sînt* de natură vegetală. În același timp s-a mai stabilit definitiv că petele „verzui" ale lui Marte sînt de fapt „albăstrui" sau chiar „violete". Atunci ce fel de plante pot fi albastre-violete, fără clorofilă și care absorb razele infraroșii ?

În 1945 agrometeorologista sovietică A. P. Kutîreva a emis pentru prima dată ideea că faptul absorbției radiației infraroșii ar fi compatibil cu ipoteza vegetației marțiene dacă se ține seama de condiții deosebit de grele de pe

această planetă. Razele infraroșii din radiația solară dau cam 1/2 din căldura totală a radiației solare globale, razele roșii, portocalii, galbene și verzi cam 1/3, iar cele albastre, violete și ultraviolete cam 1/6.

Plantele terestre obișnuite nu au nevoie pentru desfășurarea normală a proceselor lor vitale de prea multă căldură, ele reflectă deci razele infraroșii și celelalte pînă la verde inclusiv, și absorb numai pe cele albastre, violete și ultraviolete, care le furnizează căldura suficientă. Cum razele infraroșii nu se văd, cele roșii sînt mai puțin intense, în spectrul luminii reflectate de plantele terestre predomină culoarea verde și galbenă. Ipoteticele „plante" marțiene, trăind într-un climat foarte rece și cu lumină solară puțină — ar proceda tocmai invers : ar absorbi ra-

zele infraroșii etc. pînă la verde inclusiv și ar reflecta pe celelalte.

Ipoteza lui Kutîreva trebuia însă verificată experimental și Tihov s-a gîndit s-o verifice în condițiile terestre. În acest scop, el și colaboratorii săi au organizat mai multe expediții științifice prin diversele regiuni ale Uniunii Sovietice în scopul de a fotografia spectrul luminii solare reflectate de întinderi acoperite cu diferite feluri de vegetații (păduri, lanuri, tundra acoperită vara de plante pitice etc.). Aceste cercetări au dat rezultate interesante : 1) Pădurile conifere reflectă vara de două ori mai multe raze infraroșii decît iarna. Așadar, aceste raze i-ar furniza plantei vara prea multă căldură și deci planta nu le primește, ea le absoarbe însă în timpul iernii. 2) Plantele verzi de vară reflectă integral razele infraroșii. 3) Plantele din tundra polară arctică absorb o mare parte a radiației infraroșii. 4) Același lucru se poate spune despre majoritatea plantelor alpine, care se cațără pe stînci pînă la altitudini mari.

Observația lui Șaronov putea să fie deci interpretată admițîndu-se că plantele marțiene, care trăiesc în condiții și mai grele decît cele alpine sau din tundră, trebuie să absoarbă și mai mult radiația infraroșie purtătoare de căldură : ipoteza lui Kutîreva începea să capete primele confirmări faptice.

În urma primelor succese consemnate în cartea lui Tihov „Astrobotanica“ — apărută în 1946 — prezidiul Academiei de Științe al Republicii Kazahe a fondat, în 1947, la Alma-Ata, un Institut de astrobotanică menit să continue și să dezvolte aceste cercetări.

În continuare s-a constatat (din nou la plantele terestre) că cu cît o plantă trăiește în condiții mai dificile cu atît banda de clorofilă din spectrul său devine mai puțin clară. S-a constatat de asemenea că unele plante alpine au o colorație albastră sau chiar brună-violetă. Școala lui Tihov a căutat să răspundă și la problemele legate de absența oxigenului din atmosfera marțiană : plantele marțiene ar elibera (în procesul fotosintezei) oxigenul nu în atmosferă, cum fac plantele terestre, ci în sol — prin rădăcini : așa s-ar explica și culoarea roșiatică a solului marțian, format

mai mult din oxizi (mulți oxizi, de exemplu cei de fier, au această colorație). S-au făcut și ipoteze privind posibilitatea vieții animale pe Marte sau pe alte planete.

Și totuși lucrările „astrobotaniștilor" de la Alma-Ata n-au adus o probă decisivă a existenței vieții pe Marte. Ei au inițiat de fapt o nouă ramură a științelor biologice : studiul spectrelor luminii reflectate de plante — dar apoi au aplicat rezultatele obținute pentru plantele terestre — presupuselor „plante marțiene". S-a procedat deci *prin analogie* — iar analogia nu este o metodă de cercetare științifică riguroasă.

Rezultate mai importante, poate, au fost obținute de William M. Sinton, un colaborator al Observatorului Flagstaff, în timpul marii opoziții din 1956 — fiind publicate sub forma lor definitivă în 1959. El a obținut trei benzi de absorbție în regiunea infraroșie a spectrului provenit din lumina reflectată de mici pete întunecate în „continentele" marțiene. Două dintre aceste benzi s-au dovedit a fi *identice cu benzile clorofilei terestre,* cea de-a treia nu era o bandă a clorofilei dar se apropia de benzile altor compuși organici complicați. Acești compuși ar putea fi rezultatul unor fermentații ce s-ar desfășura altfel decît pe Pămînt din cauza lipsei oxigenului liber din aer. (Ipoteza lui N. B. Colthub.)

Sînt interesante și experiențele efectuate în S.U.A. asupra dezvoltării unor organisme trestre în condiții asemănătoare cu cele de pe Marte. Aceste experiențe (inițiate de dr. Hubertus Strughold și continuate de alți cercetători) constau în introducerea unor culturi de bacterii de sol în niște recipiente în care se realizau condiții „marțiene" : atmosfera de azot sub o presiune de numai 64 mm de mercur (presiunea normală a atmosferei terestre este de 760 mm de mercur) ; ziua și noaptea (lumina) se succedă ca pe Marte, la fel și temperatura. Rezultatul : toate bacteriile aerobe (care au nevoie de oxigen) mureau foarte repede ; unele bacterii anaerobe (care nu au nevoie de oxigen) se dezvoltau și se înmulțeau foarte bine. A trage însă de aici concluzii valabile pentru Marte — ar fi din nou : a face un raționament prin analogie.

Viață în meteoriți ?

Pretinsele „urme de viață" din meteoriți au fost semnalate pentru prima dată cam în același timp ca și „canalele" de pe Marte. În 1880 a apărut la Tübingen, în Germania, o carte frumos ilustrată, „Meteoriții și organismele lor", scrisă de dr. Otto Hahn. Autorul a studiat mai mulți meteoriți pietroși (chondriți). El secționa acești meteoriți și obținea prin șlefuire lame fine, translucide, care se puteau observa la microscop. Din peste 400 de eșantioane, el a găsit 142 care semănau cu „fosilele terestre" și care au fost reproduse în lucrarea menționată.

În adevăr, *cîteva* numai din aceste desene mult mărite seamănă fie cu o ramură de coral, fie cu amprenta unei frunze, fie cu un „crin de mare". Celelalte, majoritatea, nu seamănă, de fapt, cu nimic cunoscut.

S-a constatat destul de repede că a fost vorba despre formații pur minerale, realizate fără intervenția vieții. Asemănările sînt pur întîmplătoare și se pot întîlni nu numai la meteoriți ci și la numeroase minerale terestre. Însuși autorul cărții, dr. Hahn, s-a convins de acest lucru și n-a mai insistat asupra „fosilelor meteoritice".

La peste 50 de ani de la apariția cărții lui Hahn, un savant american, Charles B. Lipman, a reluat problema sub o altă fomă. El a pretins că ar fi găsit *microorganisme vii* în interiorul unor meteoriți. Lipman știa desigur că meteoriții sînt culeși, în marea majoritate a cazurilor, după mulți ani de la căderea lor din spațiul cosmic ; că rămînînd pe sol sau în sol timp îndelungat, ei se *contaminează sigur* cu microorganisme terestre. De aceea el a dezinfectat și a sterilizat cu grijă suprafața meteoritului (apă oxigenată, alcool, trecere prin flacără etc.) ca după aceea, sfărîmîndu-l în bucăți, să găsească totuși în interior bacterii vii.

Experiențele au fost repetate și de alți cercetători între anii 1933 și 1935. S-a constatat că formele vii găsite sînt terestre *(Bacillus subtilis și Staphylococcus albus)* care pătrund în interior prin fisuri microscopice, că nu există nici o dovadă și nici un argument serios în favoarea originii lor extraterestre.

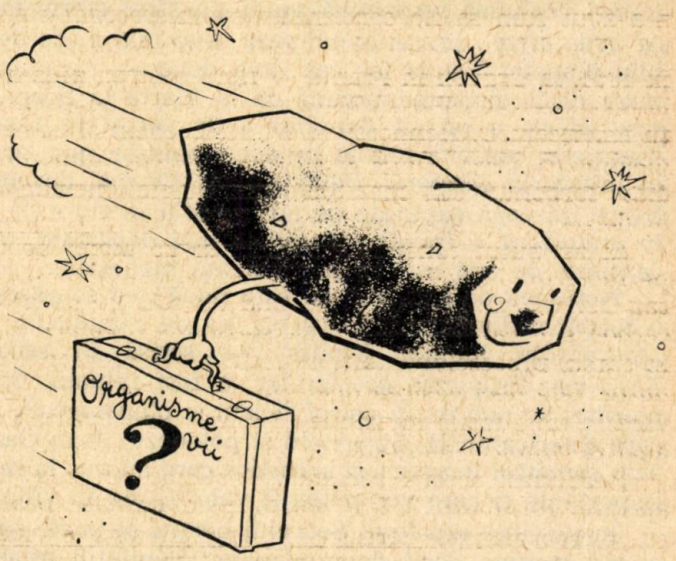
Problema a fost părăsită spre a fi reluată din nou în 1961. De data aceasta a fost vorba despre un meteorit cules imediat după cădere, încă în stare incandescentă, deci care n-a avut cum să fie contaminat cu microorganismele din sol. (De altfel meteoritul a căzut cu un secol mai înainte, în 1864, la Orgueli în Franța — fiind păstrat, pînă în 1961, la un muzeu din Paris.) Meteoritul a fost studiat de savanții americani D. Hennessy și W. Meinschein și de savantul maghiar B. Nagy. După sterilizarea meteoritului ei au studiat carbonul din meteorit prin unele metode foarte moderne.

Ei au putut constata că numărul de atomi de carbon pe moleculă era de 19 și 21 și numai rareori de 18, 20 sau 22. Or, moleculele conținînd 19 sau 21 de atomi de carbon sînt caracteristice unor substanțe organice obținute în cursul proceselor vitale, ca rășinile de palmier sau chiar untul. Iată deci găsirea unei „fosile meteoritice" este adevărat a unei fosile invizibile ca atare dar stabilite printr-o analiză chimică înaintată.

Rezultatul acestei cercetări a stîrnit din nou discuții aprinse. Rezultatul ? Din nou o „contaminare probabilă" cu microorganisme terestre. Și apoi nu este exclus ca și unele substanțe organice formate fără concursul vieții să aibă 19 și 21 atomi de carbon pe moleculă — chiar dacă în prezent astfel de substanțe nu sînt încă cunoscute. Dr. E. Degens, specialist în astfel de probleme la Institutul tehnologic din California, a declarat pînă la urmă că „niciodată nu se va putea afirma cu siguranță că un carbon din meteoriți ar fi de origine extraterestră".

Totuși cercetările de acest fel sînt continuate și astăzi. În 1963—1964 a fost studiat chondritul „Murray" căzut în S.U.A. în 1950. Cercetătorii au fost microbiologistul F. Sisler și geologul W. Newton. Meteoritul a fost sterilizat cu apă oxigenată, biclorură de mercur și apoi, timp îndelungat, cu radiații ultraviolete. Sfărîmat în vase ultrasterile și transformat în praf, el a fost împărțit în două fracțiuni : una s-a injectat șoarecilor de laborator iar cu cealaltă s-a însămînțat un mediu de cultură steril. Șoarecii n-au avut nici o reacție dar în cultură au apărut, în scurt

timp, microorganisme vii care s-ar reproduce și nu s-ar asemăna cu nici una din formele terestre cunoscute. Sisler este convins că este vorba de microorganisme extraterestre rezistente la radiațiile ultraviolete. Alți biologi preferă



însă să încline și în acest caz spre ipoteza contaminării terestre.

Problema existenței actuale a vieții pe corpurile cerești cele mai apropiate nu va putea fi rezolvată definitiv decît cu ajutorul astronauticii.

Ce se înțelege prin „ecosferă" ?

Filozofia materialist-dialectică afirmă că viața apare și se dezvoltă acolo unde găsește condiții prielnice. Prima și cea mai importantă dintre aceste condiții este : *existența apei în stare lichidă*. Dacă lucrurile stau astfel, atunci este posibil să încercăm a delimita acele regiuni din univers în care condiția esențială este îndeplinită, adică în care poate exista apa în stare lichidă. Se vede imediat că

problema se reduce la căutarea regiunilor din spațiu în care temperatura să fie cuprinsă între 0° și 100°C adică între temperatura de solidificare și de fierbere a apei. Dacă ne referim în special la vecinătatea Soarelui nostru atunci regiunea respectivă va fi un strat sferic mărginit de două sfere : prima având raza ceva mai mare decît orbita planetei Venus iar cea de-a doua — raza ceva mai mare decît distanța maximă de la Marte la Soare. Acest strat sferic a primit denumirea de „ecosfera Soarelui". Viața este posibilă numai pe acele planete care se găsesc în interiorul ecosferei. Pentru planetele mai apropiate de Soare întreaga cantitate de apă se află în stare de vapori în atmosferă — pentru planetele mai depărtate, întreaga cantitate de apă este în permanență înghețată.

Noțiunea de ecosferă nu este nouă : ea se găsește sub o formă rudimentară, în cartea lui de Fontenelle asupra „pluralității lumilor locuite" — scrisă în secolul al XVII-lea. Problema ecosferelor a fost reluată, în zilele noastre, de mai mulți astrofizicieni și planetografi, printre care americanul H. Strughold și polonezul Jean Gadonski. Sînt cercetări teoretice și statistice care au dus la rezultate importante și care vor putea fi valorificate în viitor.

În privința ecosferei Soarelui nostru se poate spune că ea nu conține decît două planete : Pămîntul aflat pe la mijlocul regiunii ecosferice și Marte așezat aproape de granița exterioară a ecosferei dar în interiorul acesteia. Venus și Mercur sînt exteriori ecosferei (în regiunea „prea caldă") — toate celelalte planete sînt și ele exterioare ecosferei (fiind așezate în regiunea „prea rece"). Deci, în sistemul nostru solar și în perioada actuală, viața este posibilă numai pe Pămînt și pe Marte. Știm că pe Pămînt ea există efectiv prezentînd o extrem de mare varietate de forme și de fenomene ; pe Marte este posibilă o viață vegetală mult mai rudimentară decît pe Pămînt — dar existența ei efectivă nu este încă pe deplin stabilită.

Pe celelalte planete ale sistemului solar viața ar fi principial imposibilă. Și totuși... G. A. Tihov admitea existența unor microorganisme pe Jupiter, deoarece *sporii* unor bacterii își pot păstra viața, în stare latentă, timp îndelungat și la temperatura aerului lichid ! Viața se poate

păstra un timp la astfel de temperaturi — dar oare poate să și apară și să se dezvolte ? Desigur că nu. Mai recent (1961) profesorul Carl Sagan de la Universitatea din California a admis că din cauza așa-numitului „efect de seră" temperatura de pe Jupiter ar putea fi mai ridicată decît cea prezisă teoretic. Dacă stratul de nori din atmosfera lui Jupiter ar fi parțial transparent pentru lumina vizibilă, aceasta din urmă ar încălzi solul planetei care ar emite radiații infraroșii ce n-ar putea trece prin atmosfera de metan și amoniac ci ar fi absorbite de această atmosferă încălzind-o. În acest fel, deși Jupiter este mult exterior ecosferei, el ar putea avea pe sol și în atmosfera aflată sub stratul de nori o temperatură mai ridicată decît 0°C. Pe de altă parte atmosfera de metan și amoniac și apa lichidă în prezența descărcărilor electrice din atmosferă (constatate pe cale radioastronomică) ar prezenta condiții optime pentru apariția celor mai simple organisme. Ideea lui Sagan este desigur ipotetică mai ales că nu știm nimic cu privire la transparența norilor acestei planete.

Bineînțeles că ecosfere există și în jurul tuturor stelelor. Distanța la care se găsește ecosfera de centrul stelei depinde de natura fizică și, în special, de temperatura acesteia din urmă. Dacă steaua este o „gigantă albă" cu o temperatură foarte ridicată, atunci granița inferioară a ecosferei trebuie să fie foarte depărtată de stea și vom avea mai multe șanse ca în ecosfera respectivă să se găsească cîteva planete. Dacă steaua este mică și cu o temperatură mai joasă, ecosfera va fi foarte apropiată de stea, încît s-ar putea ca toate planetele stelei să fie exterioare ecosferei, în regiunea rece. Planetele purtătoare de viață sînt deci mai probabile în jurul stelelor albe și calde, cum ar fi Sirius, decît în jurul stelelor mai reci.

În căutarea unor civilizații extraterestre...

La 11 aprilie 1960 a fost pus în funcțiune marele radiotelescop din localitatea Deer Creek Valley din Virginia de Vest, S.U.A., în scopul recepționării din cosmos a unor eventuale semnale inteligibile. A fost realizarea așa-nu-

mitului „proiect Ozma" — finanțat de guvernul S.U.A. și condus de dr. Frank Drake — un cunoscut astrofizician american.

A fost în special cercetată regiunea a două stele : Tau Ceti și Epsilon Eridani care ar fi putut avea planete ecosferice. Recepționarea și descifrarea semnalelor au continuat aproape un an. Rezultatele au fost nule : semnalele recepționate erau fie obișnuiți „paraziți" din atmosfera terestră, fie emisii cosmice (galactice) normale. Nici urmă de semnale inteligibile, semnale care să se repete în vreun ritm special sau așa ceva. Proiectul Ozma a fost abandonat. Totuși concluzia acestei încercări a fost că „aparatura existentă astăzi este încă prea puțin sensibilă pentru interceptarea unor astfel de semnale" și, în al doilea rînd, „cîmpul electromagnetic natural și artificial al Pămîntului, precum și emisiile diverșilor sateliți artificiali — fac ca o continuare a proiectului pe Pămînt să fie inutilă". S-a precizat că ar fi de sperat unele rezultate pozitive dacă aparatura de recepție ar putea fi instalată pe Lună, în regiunea craterului Mädler, considerat ca loc optim pentru așezarea unui viitor telescop optic.

Am afirmat că stelele cercetate în cadrul proiectului Ozma erau considerate ca avînd planete ecosferice. Ce putem spune, în general, astăzi, despre planetele altor stele ? Două dintre stelele destul de apropiate de noi (distanțe mai mici decît 20 de ani-lumină) au sateliți întunecați cu mase cam de zece ori cît masa lui Jupiter. Sînt acestea oare planete în adevăratul înțeles al cuvîntului ? Probabil că da. Planetele mai mici, mai asemănătoare cu cele din sistemul nostru solar, nu se pot încă pune în evidență nici direct — nici indirect. Cunoscutul astronom Otto Struve scria în 1960 : „Dacă ne-am închipui transportați pe steaua cea mai apropiată de noi, Alfa Centauri, atunci Soarele nostru s-ar vedea de acolo ca o stea destul de luminoasă — cum ar fi steaua Capella — dar pe Jupiter nu l-am putea vedea căci fiind la o distanță aparentă de numai 4 sec. de Soare el s-ar pierde complet în razele acestuia ...Ar putea fi eventual pus în evidență pe calea fotografică dacă observația s-ar face în afara oricărei atmosfere..."

Se poate spera deci, ca prin combinarea celor mai moderne procedee tehnice cu observații extraatmosferice (de exemplu, de pe Lună) să putem observa efectiv planetele stelelor mai apropiate cum ar fi Alfa Centauri, Sirius, Altair și încă cîteva.

Ce ne spune statistica asupra numărului probabil al planetelor locuite ?

Dacă am admite că numărul stelelor din Galaxia noastră ar fi de numai 30 de miliarde (majoritatea astronomilor admit un număr de cinci ori mai mare) atunci stelele din clasele spectrale asemănătoare celei a Soarelui și care reprezintă cam 60% din totalitatea stelelor — ar fi în număr de 18 miliarde. Se poate deci admite că în Galaxia noastră ar exista în prezent 18 miliarde de sisteme planetare. Vom face acum mai multe ipoteze care vor reduce considerabil acest număr. Vom admite mai întîi că distanțele dintre aceste sisteme planetare și sorii respectivi sînt astfel încît din o sută de planete numai una este interioară unei ecosfere. Ar rezulta că numai 180 de milioane de planete din Galaxie ar putea fi purtătoare de viață. Să mai admitem apoi că la o sută de planete ecosferice numai una este în realitate purtătoare de viață. Numărul planetelor cu diferite forme de viață ar fi deci de 1 800 000. Să presupunem, în sfîrșit, că din 100 de planete cu viață pe ele — numai una posedă ființe inteligente — cam în felul speciei Homo Sapiens de pe Pămînt. Ar rămîne 18 000 de planete cu ființe inteligente în Galaxie. Este, de altfel, foarte probabil ca acest număr să fie cu mult mai mare. Așadar, proiectele care-și propun căutarea unor civilizații extraterestre nu trebuie privite ca fiind a priori absurde. Ele au șanse de reușită în viitor cînd se vor putea face observații sistematice în afara atmosferei terestre.

Bineînțeles că dacă ne vom referi și la celelalte galaxii atunci, oricîte ipoteze limitative am face, am obține infinit de multe planete cu viață pe ele și infinit de multe planete locuite de ființe inteligente. Oricare ar fi stadiul actual al

cercetării asupra vieții pe alte corpuri cosmice, — afirmația de mai sus nu poate fi infirmată — iar cercetările ulterioare îi vor aduce desigur numeroase confirmări.

ENIGMA VIEȚII PE MARTE

Încă din 1877, cînd astronomul Schiaparelli a descoperit primul niște fișii înguste și drepte pe planeta Marte, pe care, fără să le atribuie vreo semnificație deosebită, le-a denumit canale, controversa asupra posibilității existenței vieții pe Marte a pasionat pe cercetători, iar observațiile efectuate asupra planetei roșii, ipotezele emise în legătură cu ea nu au făcut decît să sporească interesul pentru dezlegarea acestei enigme.

Studiul minuțios și îndelungat al planetei Marte a furnizat argumente atît adepților existenței diferitelor forme de viață pe Marte, cît și adversarilor lor. Astfel, savantul american P. Lovell era de părere că Marte ar putea fi locuit de ființe raționale. El presupunea că celebrele canale marțiene ar fi opera acestor ființe raționale, aflate în luptă cu natura vitregă de pe planetă. Savantul sovietic G. Tihov, combătînd pe compatriotul și adversarul său V. Fesenkov, a adus argumente serioase în favoarea ipotezei existenței vieții pe Marte. După părerea lui, pe planeta roșie pot exista chiar forme mai dezvoltate de viață, de pildă insecte, în afară de unele microorganisme cu o mai mare adaptabilitate decît a ființelor asemănătoare de pe Pămînt.

G. Tihov a arătat că viața vegetală se dezvoltă pe Marte în condiții cu totul diferite de cele terestre. Acolo cresc în special plante scunde, arbuști, mușchi și licheni, al căror colorit albastru-violet apare în observațiile astronomice. Tihov a subliniat că, în unele privințe, această vegetație se aseamănă foarte mult cu vegetația din regiunile polare sau alpine de pe Pămînt, al căror climat poate fi socotit întrucîtva apropiat de cel din Marte.

Fotografiile efectuate însă de stația automată americană „Mariner"-4, care a trecut la 14 iulie 1965 în apropierea planetei Marte, au condus la concluzii opuse celor de mai sus. Astfel, de pildă, savantul american Donald, după examinarea fotografiilor, a spus următoarele:

„Viața, așa cum o cunoaștem pe Pămînt, nu mai pare posibilă pe suprafața planetei Marte. Fotografiile arată că suprafața planetei Marte este acoperită de un strat de praf a cărui grosime nu a putut fi stabilită. Așa-numitele canale marțiene pot fi simple lanțuri de mici vulcani înșiruiți de-a lungul unor crăpături ale planetei. Oazele sînt, fără îndoială, cratere create de

căderea unor mari meteoriți. Calotele glaciale ale planetei, care au fost în general comparate cu cele terestre, sînt formate, probabil, din cristale de gheață de dimensiuni mici și nu alcătuiesc un bloc masiv, iar mările nu sînt altceva decît vaste regiuni de pulbere vulcanică. Cît despre schimbările de culoare, care erau atribuite schimbărilor de anotimpuri, acestea ar putea fi efecte ale variațiilor în intensitate a vînturilor. Aceste vînturi sînt foarte violente și ar putea atinge circa 400 km pe oră".

Dar în fața acelorași documente, alți oameni de știință au subliniat că fotografiile transmise de „Mariner"-4 nu au putut dovedi nici că există, nici că nu există viață pe planeta Marte. Ei și-au exprimat părerea că la această problemă se va putea da un răspuns complet abia atunci cînd omul va ajunge pe planetă.

Ținînd seama de condițiile de pe Marte, este, într-adevăr, greu de admis că acolo ar putea exista viață dezvoltată. Totuși, unii cercetători admit cu unele rezerve posibilitatea existenței pe Marte a anumitor forme inferioare de viață și în sprijinul lor vin o serie de argumente demne de reținut.

Astfel, astronomul american W. M. Sinton a descoperit în spectrul infraroșu al planetei benzi caracteristice moleculelor organice care apar, de pildă, în spectrul unor alge verzi de pe Pămînt. Astronomul francez Dollfus s-a asociat acestei păreri, dovedind că pe Marte pot trăi microorganisme asemănătoare algelor.

Profesorul sovietic Lebedinski și-a exprimat părerea că pe Marte există condiții mai favorabile pentru viață decît se credea pînă acum. Astfel, existența apei nu a fost constatată pînă acum, după Lebedinski, datorită insuficienței tehnice a aparatelor noastre de observație. Pe de altă parte, climatul favorabil de pe planetă lasă să se întrevadă posibilitatea existenței unor organisme pe suprafața sa.

Anul trecut s-a anunțat la San Francisco că studiile efectuate în comun de oameni de știință americani și francezi privind atmosfera planetei Marte au readus speranța că pe această planetă ar exista viață. Dr. Lewis Kaplan de la Jet Propulsion Laboratory a anunțat că studiile spectroscopice efectuate au indicat în mod surprinzător existența unei mari cantități de hidrogen în componența atmosferei marțiene. Or, se știe că hidrogenul este considerat absolut necesar dezvoltării vieții. Pînă în prezent, numeroși oameni de știință au argumentat că viața pe planeta Marte este de neconceput din cauza redusei forțe gravitaționale a acesteia, fapt care ar face imposibilă menținerea hidrogenului în atmosfera planetei, deoarece acesta este unul din elementele cele mai ușoare.

Cuplul francez Pierre și Jaine Connes, folosind însă un echipament special, a găsit în analiza spectroscopică a atmosferei Marte indicații privind existența unor concentrări de hidrogen în jurul planetei de 1 000 de ori mai mari decît în atmosfera terestră.

Datele furnizate de stațiile automate interplanetare trimise spre Marte vor servi, fără îndoială, și la rezolvarea controversatei probleme a existenței vieții pe planeta Marte.

TIHOV GAVRIIL ADRIANOVICI (1875—1960)

Printre numeroşii oameni de ştiinţă, savanţi reputaţi al căror nume se leagă de făurirea unor noi domenii de cercetări pasionante ale contemporaneităţii — aşa-numitele *ştiinţe de graniţă* — se numără şi savantul sovietic Gavriil Adrianovici Tihov.

Născut la 19 aprilie 1875, G. A. Tihov îşi termină strălucit studiile universitare în 1897, cînd absolvă cursurile Universităţii din Moscova ; atras cu o forţă irezistibilă de ştiinţa cercetării tainelor abisurilor stelare, Tihov îşi va închina întreaga sa viaţă astrofizicii, în domeniul căreia eforturile sale îndelungate, închinate timp de peste şase decenii căutării unor drumuri şi fenomene noi, se vor materializa în făurirea unei noi ramuri — *astrobotanica*.

Cu modestia, consecvenţa şi tenacitatea adevăratului om de ştiinţă, G. A. Tihov lucrează timp de 35 de ani (din 1906 pînă în 1941) la Observatorul astronomic din Pulkovo. Cercetările lui Tihov efectuate aici în tot acest răstimp se referă îndeosebi la domeniul astrometriei şi spectrofotometriei. El elaborează metoda observaţiilor fotometrice, în speţă metoda colorimetriei cu filtre colorate, metoda spectrografului longitudinal pentru determinarea culorii stelelor, precum şi o serie de alte instrumente astronomice. Multe dintre lucrările lui Tihov sînt legate de problemele opticii atmosferice şi aerofotometriei.

Dar unul dintre cele mai mari merite ştiinţifice ale lui Tihov este legat de lucrările sale, de o deosebită importanţă, privind studiul proprietăţilor spectrofotometrice ale suprafeţei planetei Marte comparativ cu cele ale vegetaţiei terestre, care au pus bazele unei noi ramuri a astrofizicii : astrobotanica — studiul plantelor de pe alte planete.

Ca o înaltă preţuire a activităţii sale ştiinţifice din această perioadă, el a devenit în 1927 membru corespondent al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., iar din 1946 membru al Academiei.

Din 1947, G. A. Tihov se află în fruntea sectorului de astrobotanică al R.S.S. Kazahe, unde are posibilitatea să conducă şi să organizeze o serie de ample cercetări în domeniul astrobotanicii pe baza studierii proprietăţilor optice ale florei din regiunile montane înalte ale masivelor Tian-şan şi Pamir, unde condiţiile climatice, şi în speţă presiunea atmosferică, s-ar apropia într-o anumită măsură de cele de pe planeta Marte.

Această perioadă fertilă de cercetări şi căutări îşi găseşte expresia în importante lucrări, închinate îndeosebi problemelor care constituie acum principala pasiune ştiinţifică a lui G. A. Tihov, lucrări printre care se numără : „Astrobotanica", „Bazele fotometriei vizuale şi fotografice" etc.

Cercetările efectuate de Tihov, în special în domeniul analizei spectrale a luminii de pe planeta Marte, au adus puternice argumente în sprijinul ipotezei despre existenţa vieţii pe alte planete, ceea ce constituie principalul merit ştiinţific al savantului sovietic.

G. A. Tihov a încetat din viaţă la 25 ianuarie 1960, dar opera sa ştiinţifică a intrat în tezaurul ştiinţei mondiale. Concluziile sale

cu privire la existența vieții pe alte planete au fost confirmate de analiza unor meteoriți carbonați care aduc noi indicii sigure asupra existenței în componența acestora a unor materii hidrocarbonate (rezultat al unei sinteze biogene). Prin dezvoltarea astronauticii, ele vor fi desigur confirmate în viitorul apropiat și pe baze experimentale directe.

■

CONSTANTIN PÎRVULESCU (1890—1945)

În România, primele cercetări astronomice sistematice au început să fie efectuate la sfîrșitul secolului al XIX-lea, cînd s-au realizat și unele studii teoretice importante în domeniul mecanicii cerești. Primele cercetări în domeniile moderne ale astronomiei au apărut ceva mai tîrziu, în prima jumătate a secolului al XX-lea, ca urmare a activității unor astronomi, printre care și C. Pîrvulescu.

Constantin Pîrvulescu s-a născut în 1890. Din tinerețe s-a dedicat studiilor legate de observarea cerului, devenind unul dintre cei mai de seamă astronomi din țara noastră.

Îmbrățișînd cu aceeași pasiune munca de cercetare cu cea didactică, C. Pîrvulescu, trecînd prin toate gradele ierarhice, ajunge profesor universitar. În același timp, ca urmare a prestigiului cîștigat în urma rezultatelor obținute în munca de cercetare, devine membru al mai multor societăți străine de astronomie.

În cercetările sale s-a preocupat mai ales de roiurile de stele (grupuri de stele de proveniență comună, relativ concentrate, legate din punct de vedere fizic), îndeosebi de roiurile globulare — formate din zeci de mii și chiar sute de mii de stele ce au o pronunțată formă sferică, cu creștere rapidă a numărului de stele spre centru, distribuite sferic pe o distanță pînă la 50 000 de parseci (un parsec este egal cu $3{,}08 \times 10^{13}$ km) în jurul nucleului Galaxiei noastre — și de cele galactice, dispuse în planul Galaxiei. Ca urmare a studiilor efectuate în această privință, publică la Paris, în 1925, lucrarea „Asupra roiurilor globulare de stele și relațiilor lor în spațiu".

Alte preocupări ale acestui cunoscut astronom român au fost legate de cercetarea Căii Laptelui, a stelelor duble etc., publicînd numeroase studii ce conțin valoroase sinteze ale rezultatelor observațiilor lui.

În 1945 se stinge din viață C. Pîrvulescu, unul dintre promotorii cercetărilor astronomice moderne din țara noastră.

Hrană pentru miliarde

Conf. univ. dr.
TEOFIL CRĂCIUN

Perspective și statistică

Fotosinteza... Noțiune ce pare banală și peste care trecem adeseori cu ușurință, fără să bănuim ce importanță uriașă ascunde. Pentru că de fotosinteză este legată însăși existența noastră, existența întregii omeniri. Și nu numai atît, abstracție făcînd de om, întreaga viață de pe Pămînt depinde și a depins de fotosinteză.

Să ne închipuim pentru o clipă că acest proces ar înceta să mai existe pe planeta noastră. Ce s-ar întîmpla ? În mod firesc ar dispărea plantele. Ca urmare ar pieri toate animalele ierbivore, iar după ele cele carnivore. Dar asta n-ar fi totul. S-ar schimba însești condițiile climatice, iar ca urmare chiar aspectul scoarței terestre. Cîmpul n-ar mai fi verde și smălțuit cu flori. Cît ai cuprinde cu ochii, nu s-ar vedea decît solul negru-brun, fără nici o urmă de viață. Falnicii munți, de obicei acoperiți de verdeața pădurilor, ar arăta ca niște piscuri sure, golașe. În tinoavele de munte nu s-ar mai forma turba. În mări și oceane nu s-ar mai acumula material organic, care să producă viitoarele pungi petrolifere sau roci calcaroase, fiindcă ar dispărea planctonul. Viața oceanului s-ar stinge o dată cu ultima vietate,

Atmosfera planetei, încărcată zi de zi cu tot mai mult bioxid de carbon, ar deveni mai puțin penetrabilă pentru razele calorice. Pămîntul ar radia mai puțină căldură. Zăpezile veșnice ar începe să se topească, iar nivelul oceanelor ar crește, determinînd mari inundații. Ploi torențiale s-ar abate asupra uscatului, iar apele curgătoare, încărcate cu mult bioxid de carbon, și-ar intensifica opera de distrugere, schimbînd repede aspectul scoarței...

Dar toate acestea nu se vor întîmpla, pentru că omul are în plantă un ajutor de nădejde. Pare de necrezut că biosfera, hidrosfera, atmosfera și suprafața de contact a litosferei cu primele trei depind în ultimă instanță de firișorul verde pe care nu-l băgăm în seamă cînd admirăm măreția unui masiv muntos. Și totuși, viața planetei noastre depinde de gingașa frunză verde, unde are loc fotosinteza !

După acest sumar tablou, în care am încercat să schițăm importanța fotosintezei pe plan cosmic, să aruncăm o privire asupra unor probleme mai... pămîntene : hrana omenirii.

Agriculturii și cercetării științifice în agricultură îi revin astăzi sarcini de neimaginat în trecut. Aceasta, deoarece problema aprovizionării populației cu alimente capătă o tot mai mare importanță în condițiile actuale, precum și în viitor, ca urmare a creșterii continue a populației globului. Astfel, dacă acum vreo 2 000 de ani populația lumii a fost estimată la 250 de milioane de suflete, în 1650 la 500 de milioane, iar în 1850 la un miliard, în 1950 recensămintele au arătat că numai într-o sută de ani numărul populației a crescut la circa 2,5 miliarde, ca într-un deceniu jumătate (pînă în 1965) să sporească la circa 3,3 miliarde de suflete. Desigur, această populare a globului se datorește unei cauze și anume : științei moderne, care prin realizările ei a distrus echilibrul nefast dintre natalitate și mortalitate, în favoarea natalității. Care este perspectiva de dezvoltare în viitor ?

Potrivit estimărilor efectuate pe baza indicelui actual de creștere a populației — ținîndu-se totodată seama și de declinul indicelui mortalității — se prevede ca în anul 2000 populația globului să depășească 6,2 miliarde de suflete. Aceasta înseamnă că la un necesar mediu zilnic de

circa 2 700—2 800 de calorii pentru un adult, va trebui ca producţia de alimente să fie dublată în 1980, iar spre sfîrşitul secolului triplată.

Este posibil acest lucru ? Ştiinţa modernă răspunde printr-un *da* hotărît.

Dar, pentru moment, oamenii de ştiinţă din agricultură cercetează şi caută soluţiile înlăturării spectrului foamei, care mai apare în unele părţi ale lumii. Astfel, anchetele şi statisticele F.A.O. întocmite pe plan mondial au arătat că din 123 de ţări investigate numai 35 — printre care şi România — asigură zilnic în medie 3 000 de calorii fiecărui locuitor, restul de 88 nereuşind decît 2 150 şi chiar mai puţin. Aceasta înseamnă subnutriţie, boli. Oare cauza lipsurilor de alimente în unele ţări să se datorească suprapopulării ? Imposibilităţii solului de a produce mai mult ? Nu ! După datele prezentate la Congresul mondial al populaţiei de la Belgrad ţinut în 1965, se consideră că, în condiţiile actuale ale agriculturii, aceasta poate asigura hrana pentru *nouă miliarde de oameni.* Deci de aproximativ trei ori mai mult decît astăzi. Mai mult, calculele au arătat că dacă s-ar folosi pentru agricultură întreg pămîntul apt, s-ar obţine suficientă hrană pentru *treizeci de miliarde de oameni.* Experienţe făcute pe loturi demonstrative au arătat cu prisosinţă că în condiţiile lucrării raţionale a solului, acesta poate da recolte nebănuite.

O privire analitică asupra surselor de hrană ale omenirii ne duce la fotosinteză — minunatul proces biochimic capabil să transforme substanţa minerală (apă, bioxid de carbon şi săruri minerale) într-o gamă nesfîrşită de produse organice : de la vitamine la grăsimi, de la glucide la proteine etc. Astăzi fotosinteza reprezintă sursa a aproape 90% din energia consumată de omenire, pentru că nu trebuie uitat că şi cărbunii sau ţiţeiul furnizează energia captată iniţial prin fotosinteză. Dacă în domeniul energetic cărbunii şi ţiţeiul pot fi înlocuiţi cu alte surse (energie hidraulică, eoliană, nucleară etc.), în domeniul alimentaţiei fotosinteza are un monopol absolut.

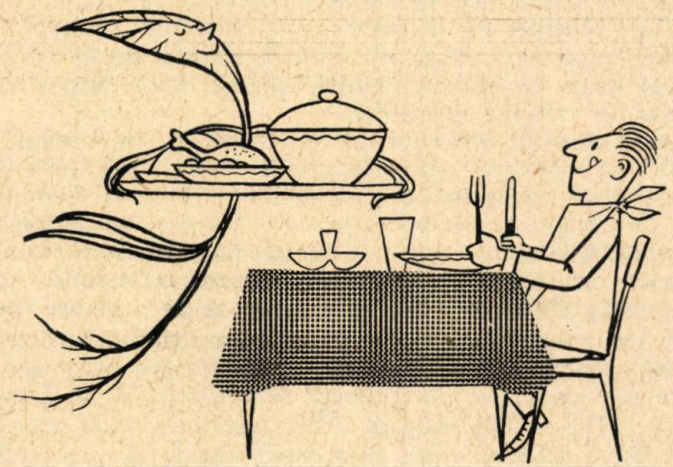
În ultima analiză, prezentul şi viitorul omenirii (ca de altfel a întregii vieţi — aşa cum am văzut) depind de fotosinteză. S-a demonstrat că nivelul populaţiei posibile a

globului, precum și gradul de bunăstare al omenirii depind pe de-a-ntregul de producția potențial posibilă a fotosintezei plantelor și de folosirea cît mai deplină a posibilităților ei. Cunoașterea mecanismului și a principiilor de realizare a fotosintezei naturale va permite în viitor biochimiștilor să realizeze în laborator reacția fotochimică, sursa tuturor bunurilor alimentare.

Secretul frunzei verzi

„Cum reușesc plantele să-și producă singure hrana?" — era întrebarea ce și-o puneau învățații în urmă cu secole. Aristotel, de pildă, renumit filozof din Grecia antică, presupunea că plantele extrag din sol hrana gata preparată. Părerea aceasta a dăinuit și în evul mediu.

În secolul al XVII-lea, o dată cu pătrunderea metodei experimentale (fundamentată din punct de vedere filozofic de englezul Francis Bacon) în cercetarea naturii, vălurile ce acopereau secretul nutriției plantelor încep să se



ridice. Acum, o serie de învățați pornesc să exploreze procesele intime din plante folosind metoda experimentală. Prima experiență de fiziologie vegetală cunoscută

azi se datorește lui J. Van Helmont — medic, filozof și naturalist din Țările de Jos (1577—1644). Experimentînd, pe la 1620, el ajunge la concluzia că planta se hrănește cu... apă ! Iar Bernard Palissy — supranumit „olarul savant" — publică o lucrare în care arată că... „sarea este baza vieții și creșterii tuturor plantelor". În timp ce I. R. Glauber ajunge la concluzia că silitra este baza întregii lumi vegetale, animale și minerale.

Răspunsurile acestea — în totală contradicție cu ceea ce cunoaștem azi — nu trebuie să ne mire dacă ținem seama că științele experimentale — fizica, chimia, biologia etc. — încă nu apăruseră. Ele însă reprezentau un important pas înainte față de răspunsurile și interpretările date de învățații antichității.

Tot în secolul al XVII-lea se mai fac unele descoperiri epocale, menite să apropie dezlegarea „misterului" ce ascundea secretul frunzei verzi. Astfel, Robert Hooke (1635—1703) descoperă la microscop celula vegetală, iar Antony van Leeuwenhock (1632—1723) plantele unicelulare. Contribuții esențiale în problema nutriției plantelor verzi sînt aduse însă de italianul Marcello Malpighi (1628—1711). Plecînd de la niște experiențe cu semințe de dovleac puse la încolțit, el observă transformarea lor în frunze verzi și afirmă pentru prima dată importanța frunzei în nutriția plantelor.

Spre sfîrșitul veacului al XVII-lea și în veacul al XVIII-lea, metoda experimentală marchează progrese uriașe. Este epoca în care au activat : Newton, Lomonosov, Lavoisier. Acum apar primele tratate de fiziologie vegetală. Tot acum apare și fiziologia vegetală experimentală, al cărui „părinte" este considerat Stephen Hales (1677—1761). Fizician și fiziolog englez, Hales ne-a lăsat un volum cu 124 de experiențe ingenioase, care-l fac să ajungă la concluzia că : „plantele iau din aer o parte din hrana lor cu ajutorul frunzelor". M. V. Lomonosov (1711—1765) scria în 1753, referindu-se la nutriția plantelor : „Copacii mari care cresc repede și care își introduc rădăcinile în pămîntul nefertil ne arată clar că absorb cu frunzele lor grase substanțele hrănitoare din aer, deoarece le este imposibil să primească din nisipul steril substanțe organice".

Într-unul din manuscrisele sale, renumitul chimist francez A. L. Lavoisier (1743—1794) afirmă niște adevăruri incontestabile : „Plantele scot substanțele necesare din aerul înconjurător, din apă și în general din domeniul vegetal". Și mai departe... „În sfîrșit, fermentarea, putrefacția și arderea redau întotdeauna atmosferei și mediului mineral elementele luate de animale și plante".

Învățatul elvețian Bonetta observă că pe suprafața unor frunze cufundate în apă apar niște băsicuțe de „aer". Ceva mai mult : că băsicuțele se formau în cantitate mai mare cînd borcanul cu apă în care ținea frunzele era expus luminii solare. Dar Bonetta consideră că acest fenomen n-are nimic de-a face cu viața frunzei.

Ceva mai tîrziu, cunoscutul chimist englez Joseph Priestley (1733—1804) a constatat că un șoarece se sufocă după un timp dacă este introdus sub un clopot de sticlă. Priestley a tras concluzia că aerul de sub clopot s-a „stricat". Repetînd experiența cu o lumînare aprinsă, a constatat că la o vreme și ea se stinge. Bănuind că plantele pot forma „aer curat", învățatul a introdus sub clopot, o dată cu o lumînare aprinsă, și un mănunchi de mentă. De astă dată lumînarea nu s-a mai stins. Deci menta „purifică" aerul ! — a conchis Priestley. Experiențele făcute în 1771 i-au permis să descopere o importantă proprietate a plantelor, pe care azi o rezumăm, simplu, în cîteva cuvinte : plantele verzi absorb din aer bioxid de carbon și pun în libertate oxigen.

La opt ani după descoperirea lui Priestley, în 1779, medicul olandez J. Ingen Housz (1730—1799) a pătruns mai adînc în procesul de „purificare" a aerului, arătînd că „purificarea aerului stricat" are loc numai la lumină și numai dacă plantele sînt verzi. Pe drept cuvînt el este considerat astăzi descoperitorul procesului de fotosinteză.

J. Ingen Housz a ajuns la această mare descoperire reluînd experiențele lui Bonetta, dar dîndu-le o cu totul altă interpretare. După mai bine de 500 de experiențe referitoare la purificarea aerului de către plante, Ingen Housz publică în 1779 lucrarea *Experiențe asupra plantelor, descoperind marea lor putere de a curăța aerul în lumina soarelui și de a-l strica în umbră și peste noapte*, în care prezintă și fundamentează științific descoperirea

sa. El spune : „...plantele nu numai că sînt în stare să amelioreze aerul stricat în decurs de 5—6 zile, în cazul în care cresc în el, dar ele îndeplinesc acest proces însemnat în decurs de cîteva ore, și acest proces surprinzător este provocat nu de însăși planta, ci de acțiunea luminii solare asupra plantelor". Și mai departe : „Această acțiune începe abia după răsăritul soarelui, se micșorează spre sfîrșitul zilei și încetează complet la apusul soarelui. Activitatea aceasta nu este îndeplinită de planta întreagă, ci numai de frunze și de tulpinile verzi".

Aceste adevăruri sînt perfect valabile și astăzi, la aproape două sute de ani de la enunțarea lor.

N-au trecut decît trei ani de la descoperirea lui J. Priestley și un alt cercetător, Jean Senebier (1742—1809) reia și el experiențele lui Bonetta pentru a studia natura misterioaselor bășicuțe de gaz care acopereau, la lumină, frunza verde scufundată în apă. Curînd Senebier descoperă un alt adevăr incontestabil : „Dacă în apa în care plutesc frunzele nu există «aer stricat» — bioxid de carbon —, atunci ele încetează să mai elimine oxigenul în care lumînarea arde și animalele respiră cu atîta ușurință". Pentru el era acum clar că fenomenul acesta ascundea un altul, poate mai important decît primul. În cele din urmă, Senebier ajunge la concluzia că bioxidul de carbon rămîne în plantă și că lui i se datorește creșterea și dezvoltarea ei.

Paralel cu descoperirile în domeniul nutriției plantelor verzi, au loc și importante realizări în chimie. În cea de-a doua jumătate a secolului al XVIII-lea se descoperă bioxidul de carbon, oxigenul și hidrogenul, iar Lavoisier arată care este compoziția chimică a aerului. Noile cuceriri științifice vin în sprijinul descoperirilor făcute în fiziologia vegetală. De altfel, ca un fapt semnificativ, chiar Ingen Housz își reeditează opera sa capitală în 1796, de astă dată interpretată cu termenii și noțiunile chimiei noi.

În 1804 apare opera unui alt mare învățat, Nicolas Theodore Saussure (1767—1845), profesor la Geneva, în care se arată că plantele au două feluri de schimburi de gaze : respirația și fotosinteza. Totodată Saussure a mai descoperit că apa este folosită în procesul de fotosinteză și că azotul și sărurile minerale sînt luate din sol.

Acum cunoștințele despre fotosinteză puteau fi închegate într-un tot : planta ia din aer bioxidul de carbon, iar din sol apă și substanțe minerale. Din aceste „materii prime", în prezența luminii ea produce hrana, eliminînd oxigen. Deci punctul de vedere al învățaților se schimbase : plantele nu luau de-a gata hrana preparată în sol, ci și-o elaborau singure, din materii prime existente în pămînt și în aer.

Dar apariția unor curente vitaliste în studiul fiziologiei vegetale fac ca admirabilele descoperiri ale lui Ingen Housz, Saussure și alții să fie date uitării în țările germanice. Cercetători de mare prestigiu în epoca lor, ca, de pildă, Christian L. Treviranus (1779—1864), ajung să nege asimilația carbonului (din bioxidul de carbon) din atmosferă. Eliminarea oxigenului este pentru el produs de respirație, nu „deșeu" al fotosintezei cum corect era considerat înainte. Mai mult, Franz Meyer (1804—1840), un renumit botanist, autor al unui manual de fiziologie în trei volume, nici nu vrea să audă de utilizarea bioxidului de carbon atmosferic de către plante. Dar știința a continuat să se dezvolte. Treptat, teoriile lor sînt înlăturate. Tot mai mulți învățați combat așa-zisa teorie a humusului elaborată de A. Theer, teorie în fond aristoteliană, după care plantele se hrănesc cu humul luat din pămînt și nicidecum prin fotosinteză. Justus von Liebig (1803—1873) demonstrează în Germania că plantele iau din sol numai substanțe minerale. Același lucru îl face în Franța Jean Baptiste Boussingault (1802—1887).

Bineînțeles că discuțiile în legătură cu procesul de fotosinteză nu s-au încheiat cu demonstrarea acestor adevăruri. A apărut o nouă problemă : lumina. Care anume radiații ale spectrului solar sînt utilizate în fotosinteză. O serie de oameni de știință își expun acum punctul de vedere. Printre ei s-a remarcat K. A. Timiriazev (1843—1923). Acesta a analizat și clarificat latura energetică a procesului fotosintezei. El a stabilit, printre altele, cu precizie ce radiații luminoase și în ce măsură sînt absorbite de plantele verzi. În legătură cu aceasta, Timiriazev a scris : „Cîndva, undeva pe Pămînt a căzut o rază de Soare, dar ea n-a căzut pe un sol steril, ci pe un fir verde de grîu, sau mai bine zis pe un grăunte de clorofilă. Lovindu-se de

el, raza solară s-a stins, a încetat să mai fie lumină, însă nu a dispărut... Sub o formă sau alta ea a pătruns în compoziția pîinii, care a devenit hrana noastră. S-a transformat în mușchii noștri, în nervii noștri... Această rază de Soare ne încălzește, ne permite să ne mișcăm. Poate că în acest moment joacă în creierul nostru".

Laboratoarele din frunză

Pentru a înțelege mecanismul procesului de fotosinteză și interpretarea dată lui astăzi sînt necesare cîteva precizări preliminare.

Am văzut, în linii mari, cum au decurs cercetările privind procesul de care ne ocupăm. Acum, ca o concluzie, se impune o întrebare : ce înțelegem prin *fotosinteză, asimilație clorofiliană sau asimilația carbonului ?* Nimic altceva decît procesul biochimic prin care are loc sinteza substanțelor organice din apă și bioxid de carbon folosind energia absorbită de la lumina solară. Termenul de *fotosinteză,* cel mai utilizat astăzi, a fost introdus în 1877 de către cercetătorul W. Pfeffer și înseamnă „sinteză cu ajutorul luminii" (de la grecescul *fotos* = lumină).

Procesul acesta — principalul producător de substanță organică pe planeta noastră — are loc numai în plantele verzi, purtătoare de clorofilă. Cum frunzele sînt locurile cele mai importante unde are loc fotosinteza, se cade a face o scurtă incursiune în anatomia lor.

Se știe că o secțiune printr-o frunză ne arată că la suprafața sa se găsește un strat de celule epidermice. Printre acestea apar numeroși pori, mărginiți de cîte două celule mici, vecine. Porii aceștia au primit numele de *stomate.* Ele sînt mai numeroase pe partea inferioară a frunzei, unde pe un milimetru patrat se găsesc chiar sute.

Plantele de uscat sînt adaptate pentru a primi și reține o cantitate cît mai mare de bioxid de carbon. Gazul pătrunde în plantă prin ostiolele stomatelor. Deoarece numărul lor este extrem de mare, ea are posibilitatea să absoarbă din aer o cantitate apreciabilă de bioxid de carbon. De pildă, cercetătorii au calculat că un fag bătrîn are circa 200 000 de frunze și vreo 120 de miliarde de stomate.

Odată pătruns în plantă, aerul cu bioxidul de carbon călătorește pînă la celulele asimilatoare, în care se află cloroplastele.

Sub stratul de celule epidermice se găsește un al doilea strat — *mezofilul* —, format din țesutul palisadic și țesutul lacunos. Întregul mezofil este străbătut de fascicule de vase fibro-lemnoase, care conduc seva brută și elaborată [1].

În celulele verzi ale țesuturilor palisadic și lacunos se găsesc cloroplastele, „laboratoarele" unde se produc primele sinteze, adică primele reacții biochimice dintre bioxid de carbon, apă și substanțe minerale.

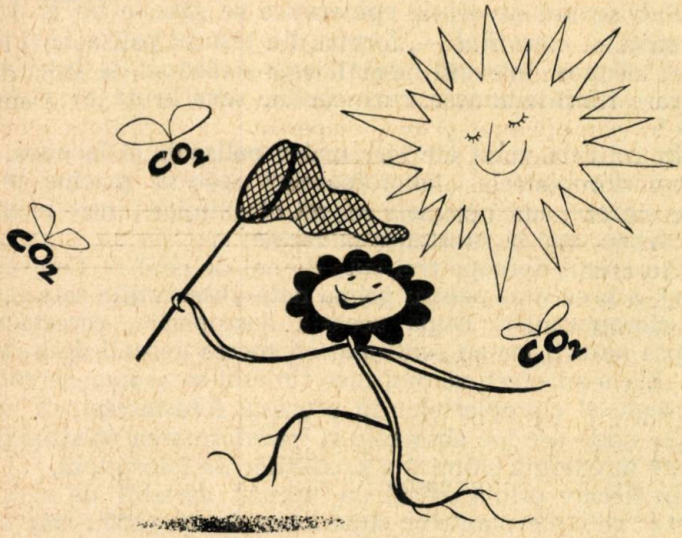
Au trecut aproape trei sute de ani de cînd A. Leuwenhoeck a prezentat pentru prima dată observațiile sale asupra cloroplastelor. După această descoperire, cercetările asupra naturii lor au continuat cu succes decenii de-a rîndul. Ele s-au efectuat mai ales ținîndu-se seama de rolul fiziologic al cloroplastelor în procesul fotosintezei, ca organite unde are loc absorbția și transformarea energiei radiante în energia chimică a produșilor de fotosinteză.

În fiecare celulă există un număr variabil de cloroplaste : celulele plantelor superioare au 20—100 ; cele ale plantelor inferioare unul singur sau cîteva. Pentru ca uzina chimică din plantă să primească o cantitate cît mai mare de materie primă din aer și cît mai multă energie luminoasă, suprafața totală a frunzelor și a cloroplastelor este mult mai mare decît suprafața ocupată de o cultură. Astfel, s-a calculat că suprafața frunzelor de grîu de primăvară de pe un hectar este de 17,5 hectare, a celor de ovăz de 21 de hectare, iar a lucernei de 85 de hectare. Aceasta înseamnă că, dacă am pune una lîngă alta frunzele de pe un hectar, am putea acoperi cu ele 17,5 hectare, 21, respectiv 85 hectare.

Mergînd mai departe cu analiza, aflăm date și mai interesante. De pildă, la un hectar de lucernă ce ar putea acoperi cu frunzele 85 de hectare, cloroplastele reprezintă o suprafață totală de vreo 17 000 hectare ! Suprafața granulelor de clorofilă din cloroplaste este însă și mai mare :

[1] *Seva brută* este formată din apa cu substanțele minerale extrase din sol de către rădăcină. *Seva elaborată* este formată din apa cu substanțe sintetizate în frunză.

de ordinul a sute de mii de hectare ! Explicația necesității unor suprafețe de absorbție și reacție așa mari o găsim amintindu-ne ce cantitate de bioxid de carbon există în aer.



Bioxidul de carbon reprezintă numai 0,03% din volumul total al atmosferei Pămîntului. Asta înseamnă că într-un metru cub de aer se găsesc circa 0,3 litri, cîntărind aproximativ 0,6 grame. Cantitatea este foarte mică. De aceea planta trebuie să „prelucreze" volume uriașe de aer. De exemplu, un hectar cultivat necesită zilnic, în condiții obișnuite, cam 250 kg bioxid de carbon, în condiții bune 500 kg, iar în condiții excelente 1 000 kg ! Aceste cantități de bioxid de carbon sînt extrase prin prelucrarea a 3 000 000—4 000 000 de metri cubi de aer !

Făcînd o socoteală simplă, aflăm că atmosfera conține aproximativ 2 200 de miliarde de tone de bioxid de carbon. Din această cantitate, plantele consumă anual aproape un sfert. Bineînțeles, bioxidul de carbon din aer se reface continuu, în urma proceselor ce au loc pe Pămînt. Astfel manifestările vulcanice (mofetele), arderea combustibilului, respirația plantelor și animalelor produc

mari cantităţi de bioxid de carbon. Menţinerea unui echilibru constant a cantităţii de bioxid de carbon în atmosferă se realizează prin existenţa fotosintezei, care reintroduce în circuitul vital carbonul legat de oxigen.

Privite la microscop, cloroplastele se prezintă sub forma unor discuri cu diametrul de 4—6 microni şi grosimea de 2 microni. Ele sînt formate dintr-un înveliş, din corpul propriu-zis numit *stroma* sau *matrix* şi din granulele fotosintetizante *grana*, dispersate la suprafaţa cloroplastului. Structura submicroscopică a granulelor fotosintetizante nu este pe deplin lămurită. Se ştie că o grană se prezintă ca nişte fişicuri alcătuite din discuri foarte subţiri. În fiecare grană se găsesc circa 1 000 000 de molecule de clorofilă.

Existenţa pigmenţilor verzi în frunze a fost demonstrată încă în secolul al XVII-lea, cînd s-a extras cu ajutorul alcoolului substanţa verde, care a primit numele de *clorofilă*.

Clorofila este un pigment de natură porfirinică, substanţă chimică cu o structură foarte complicată. În plantele verzi este întotdeauna însoţită de alte substanţe numite carotinoide. Şi rolul acestora este important în fotosinteză, dar mecanismul lor intim de acţionare constituie încă o problemă insuficient lămurită.

La început se credea că substanţa verde din plante — clorofila — reprezintă un produs unitar din punct de vedere al compoziţiei chimice. Ulterior s-au descoperit nu mai puţin de cinci clorofile, notate cu primele litere ale alfabetului, ultimele trei găsindu-se în plantele inferioare.

Clorofila *a* reprezintă un complex format dintr-o porfirină şi un atom de magneziu. Lucrările de laborator au arătat că în molecula clorofilei *a* ar putea exista o grupare care s-ar naşte prin fixarea bioxidului de carbon în procesul de fotosinteză. Cercetările sînt încă în curs.

Structura clorofilei *b* este foarte asemănătoare clorofilei *a*, deosebirile dintre ele fiind foarte mici. Ambele, în stare pură, sînt substanţe cristaline, solubile în diferiţi solvenţi cărora le împrumută culori caracteristice.

În alge s-au descoperit clorofilele *c*, *d* şi *e*.

Din frunzele îngălbenite (etiolate — fenomen care apare la plantele neexpuse luminii) s-a extras un pigment porfirinic verde numit *protoclorofilă*. Proprietăţile lui sînt foarte asemănătoare cu ale clorofilei *a* şi chiar se transformă în ea, dacă frunzele sînt aduse la lumină. Cercetări recente arată că protoclorofila s-ar forma şi în timpul proceselor de fotosinteză.

În planta verde, clorofila este asociată unei proteide, cu care formează *cloroglobina* sau *cloroplastina*.

Bănuiala că ar exista un complex clorofilă-proteidă este veche şi datează din 1884, cînd chimistul I. Reinke a deschis această discuţie. Izolarea cloroplastinei a avut loc abia în 1921 şi a fost opera lui N. V. Lubimenko. Faptul a confirmat previziunea ştiinţifică a lui I. Reinke. Discuţiile asupra acestei chestiuni s-au încheiat în 1952, cînd japonezul S. Takashima a obţinut pentru prima dată cloroplastină în stare cristalizată.

Secretul fotosintezei

În ceea ce priveşte chimismul fotosintezei, concepţiile majorităţii cercetătorilor din secolul al XIX-lea şi începutul celui de-al XX-lea se rezumau la ideea că rolul luminii este doar să descompună şi să reducă bioxidul de carbon şi că oxigenul eliberat în timpul procesului provine din acest gaz. Cercetările au relevat însă că nu se descompune bioxidul de carbon liber, ci o combinaţie a acestuia cu clorofila. De asemenea, s-a demonstrat că o dată cu asimilarea bioxidului de carbon are loc şi o asimilare de energie luminoasă, care serveşte unor alte prefaceri biochimice.

În ultimele decenii nenumăraţi cercetători au studiat complicatul proces al fotosintezei. S-au făcut multe experienţe pentru stabilirea primilor produşi ai fotosintezei. În 1870 A. Baeyer presupunea că primul produs ce apare în plantă ar fi aldehida formică (CH_2O), prin polimerizarea căreia se formează apoi toate celelalte substanţe, adică : glucidele, lipidele, protidele. După el procesul de fotosinteză se desfăşoară astfel : energia lumi-

noasă descompune moleculele de bioxid de carbon (CO_2) în oxid de carbon (CO) și oxigen (O), adică:

$$CO_2 \xrightarrow{\text{lumină}} CO + O.$$

Oxidul de carbon rezultat se combină apoi cu apa și formează aldehida formică și oxigenul. Ultimul produs se degajă în atmosferă, iar primul, prin polimerizarea a șase molecule, se transformă în glucoză, adică :

$$CO_2 + H_2O \rightarrow CH_2O + O$$
$$6\ CH_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6.$$

N. A. Bach a dat altă interpretare chimismului fotosintezei, după el acesta fiind un proces oxidoreducător : în prima fază bioxidul de carbon se unește cu apa formînd acid carbonic (H_2CO_3) ; în a doua, trei molecule din acest acid se transformă într-o moleculă de aldehidă formică și două de acid percarbonic (H_2CO_4) :

$$CO_2 + H_2\ O \rightarrow H_2\ CO_3$$
$$3H_2CO_3 \rightarrow CH_2O + 2H_2CO_4.$$

În continuare apar și alți produși, printre care și oxigenul, ca „deșeuri" ale reacției principale. Aldehida formică s-ar uni dînd mai departe glucoză.

S-au imaginat multe scheme de acest gen, dar ele n-au rezistat la „focul" criticii și al probelor experimentale.

Astăzi, lămurirea chimismului fotosintezei constituie una din problemele esențiale ale biochimiei contemporane. Observînd cu ajutorul bioxidului de carbon radioactiv apariția în procesul fotosintezei a carbonului radioactiv (C^{14}) în diferite substanțe ale frunzei, s-a stabilit că o dată cu glucidele, considerate în trecut drept primele produse ale fotosintezei, carbonul radioactiv apare și în protide. Aceasta a dus la o idee nouă : existența mai multor căi de asimilare a bioxidului de carbon.

Cercetări recente, efectuate cu ajutorul carbonului radioactiv, au arătat că procesul fotosintezei se poate separa în două faze : cea de captare a energiei electromagnetice și cea de utilizare a ei. În prima fază are loc „prinderea" cuantelor de lumină sub formă de energie chimică, iar în

a doua folosirea energiei pentru sintetizarea substanțelor organice.

Cercetătorul M. Calvin și colaboratorii săi, folosind bioxid de carbon marcat și algele verzi Chlorella și Scenedesmus, au reușit chiar să elaboreze o schemă probabilă a fotosintezei. Acest proces intim de captare a energiei — care nu-i încă pe deplin lămurit — are loc numai la lumină. Se presupune că sub influența unei cuante de lumină o moleculă de apă se descompune în hidrogen și oxigen. Are loc deci o descompunere fotochimică a apei (fenomenul de fotoliză). M. Calvin crede că hidrogenul acesta — aflat sub un potențial chimic ridicat — este reținut de acidul lipoic. În urma acestei reacții, lumina este captată sub formă de energie chimică.

În faza a doua a procesului de sinteză — care poate avea loc și la întuneric — energia este folosită la diferite reacții de oxido-reducere. Acum iau naștere felurite substanțe organice.

M. Calvin presupune că bioxidul de carbon absorbit de frunze este fixat pe substanțe cu doi atomi de carbon, probabil produși de descompunere ai glucidelor. Prin fixarea bioxidului de carbon se formează acizi cu trei atomi de carbon, primul fiind acidul 3-fosfogliceric. Acesta este apoi redus la acizi adenozin-difosforic (ADF) și adenozin-trifosforic (ATF), luînd naștere, pe de o parte, substanțe ce duc la zaharoză și amidon, iar pe de altă parte acizi organici și aminoacizi, din care se formează lipidele și protidele. În același timp, o dată cu reducerea acidului 3-fosfogliceric, se produc și alte substanțe organice. În urma unor noi reacții chimice, acestea regenerează substanța capabilă să fixeze bioxidul de carbon și ciclul se repetă. Toate transformările au loc extrem de rapid și numai în prezența unui complex de activatori fotochimici și a unor enzime specifice din frunza verde.

E posibilă fotosinteza artificială

Ajunși aici, ne putem întreba : oare omul nu poate crea materii prime organice fără a recurge la plante ? Nu putem imita plantele ? Nu putem fabrica alimente, combus-

tibili. fibre textile direct din aer, apă și substanțe minerale ? Ideea nu-i nouă și cercetătorii o au mereu în față. Fotosinteza artificială ar putea fi mult mai eficace decît cea naturală. Ea ar permite să se obțină materii prime de sute de ori mai rapid decît se acumulează în natură.

Experiențe promițătoare în acest domeniu s-au făcut și se fac din ce în ce mai intens. Astfel, prin iluminarea continuă a unei pulberi de coloranți s-a reușit să se provoace transformări ale energiei luminoase. Aceasta nu reprezintă altceva decît prima verigă din lungul lanț ce duce la realizarea artificială a fotosintezei. Alți cercetători au reconstituit și alte verigi ale lanțului fotosintezei. Astfel, sfărîmînd o algă verde și lucrînd cu ea, s-a putut descompune apa în oxigen și hidrogen, sub influența luminii.

Unii cercetători afirmă că plastidele verzi — cloroplastele — pot produce substanțe organice în afara plantei dacă li se furnizează continuu enzimele necesare. S-a demonstrat că frunzele de spanac sfărîmate pot cataliza la întuneric transformarea bioxidului de carbon în glucide dacă sînt prezenți acidul ATF și alte substanțe. Se poate presupune, de asemenea, că în viitor cloroplastele vor putea fi înlocuite cu coloranți sintetici, care vor juca rolul clorofilei. Cînd aceștia vor fi găsiți, fotosinteza artificială va deveni o realitate. Atunci, folosind aerul sau chiar fumul, care-i mult mai bogat în bioxid de carbon, uzine speciale vor fabrica zaharuri, grăsimi, substanțe proteice și multe alte materii organice. Tot fotosinteza artificială va rezolva, probabil, și problema hranei viitorilor cosmonauți plecați în lungi călătorii, pe alte planete. Pînă atunci însă, savanții lumii lucrează intens la lămurirea completă a „tainei fotosintezei".

Fără îndoială că în viitor se vor adeveri previziunile lui K. A. Timiriazev : „Cînd fotosinteza va fi explicată în toate amănuntele, se va găsi, desigur, și un inventator ingenios care să prezinte lumii o mașină inspirată de grăuntele clorofilei. Printr-o parte a mașinii vor intra aerul și lumina Soarelui, iar prin cealaltă vor ieși pîinea sau zahărul !"

Astfel, alături de agricultura convențională, ale cărei posibilități de creștere a producției continuă să se amplifice, și perfecționarea culturii unor forme de plante infe-

rioare cum sînt chlorella și drojdiile, se va putea crea o nouă sursă uriașă de alimente prin dezvoltarea unei agriculturi de un tip nou, bazată pe sinteza artificială a substanțelor organice.

■ ■ ■

GIBERELINA

În anul 1926 fitopatologii japonezi au descoperit în culturile de orez un parazit care aducea pagube importante. Plantele atinse de acest parazit — o ciupercă microscopică — se lungeau în chip nefiresc, se subțiau și apoi piereau. Ciuperca a primit numele de Gibberella fujikuroi. **Dar ciuperca descoperită a atras atenția cercetătorilor nu numai pentru faptul că distrugea culturile de orez, ci și pentru că plantele atacate căpătau o conformație foarte ciudată. Mai mult, s-a constatat că extractul de** Gibberella fujikuroi **are asupra altor plante un efect stimulator deosebit. Nu cumva — și-au zis cercetătorii japonezi — substanța chimică produsă de minuscula ciupercă ar putea fi folosită drept biostimulator în agricultură? Și de aici au pornit cercetările.**

După 12 ani, adică în 1938, biochimiștii japonezi au reușit, în sfîrșit, să extragă giberelina în stare pură din ciupercă. Cum nu i se cunoștea formula chimică, cercetătorii n-au fost în stare să spună ce structură are și deci nu se putea pune problema obținerii pe cale sintetică. Formula chimică a putut fi clarificată abia în 1950, în urma eforturilor unite ale unor cercetători din mai multe țări. Atunci s-a constatat că substanța este de fapt un amestec de mai multe gibereline.

Deși este produsă de o plantă inferioară, giberelina nu este un antibiotic. Ea se aseamănă cu această categorie de substanțe deoarece este produsul metabolic al unei ciuperci microscopice, dar se deosebește de ele prin aceea că n-are decît acțiune biostimulatoare și nu participă la fenomenul antagonismului microbian.

Giberelina are efecte stimulatoare formidabile asupra plantelor. De pildă, tulpinile, lăstarii, frunzele și fructele (în mai mică măsură rădăcinile) stropite cu această substanță se dezvoltă mult mai repede decît cele netratate. Experiențele făcute au dat rezultate neobișnuite. Masa verde la mazăre tratată (este vorba de totalitatea tulpinilor și frunzelor verzi) a depășit de 5 pînă la 10 ori pe cea normală. Păstăile, de exemplu, au crescut pînă la 42 cm lungime, față de 5—7 cm cît au în mod obișnuit. Cînepa tratată cu giberelină a atins 5 m lungime, iar tutunul 6! Plantele bianuale (care înfloresc la doi ani) dau fructe în primul an dacă sînt tratate cu giberelină, deci se transformă în plante anuale. De asemenea, giberelina determină apariția ra-

mificațiilor la plante care crește de obicei numai în lungime, duce la mărirea frunzelor și fructelor etc. Rapița, tutunul de vară și alte plante care necesită „zi lungă" pentru înflorire se transformă în plante de „zi scurtă" sub influența acestui miraculos stimulator. În sfîrșit, o altă realizare obținută cu giberelină : apariția de fructe partenocarpice (fără semințe) la plantele cu fructe suculente, cum ar fi pepenii verzi, castraveții etc.

Utilizarea giberelinei produce o adevărată „revoluție" în viața plantelor : sub acțiunea ei se accentuează procesul de fotosinteză, rădăcinile absorb o cantitate mai mare de fosfor, potasiu și alte substanțe minerale ; crește metabolismul plantei și acțiunea fermenților.

În același timp, folosirea giberelinei în agricultură necesită aplicarea măsurilor agrotehnice la nivelul cel mai înalt. Astfel, trebuie create plantelor condiții optime de aerare, iluminare și aprovizionare cu apă. Solul trebuie temeinic îngrășat atît cu îngrășăminte minerale, cît și cu îngrășăminte organice. Într-un cuvînt, trebuie să se asigure plantei toți factorii de vegetație necesari. Altfel se obțin rezultate contrare celor scontate : planta se transformă într-un uriaș slăbănog, lipsit de vlagă, neputincios să fructifice. În același timp, solul este repede secătuit, fără folos.

JOHN LAWES (1814—1900)

John Lawes, fondatorul primei ferme experimentale agricole, s-a născut la Rothamsted, în 1814. După ce a absolvit școala secundară, și-a făcut studiile superioare la Universitatea din Oxford. Aici a dovedit aptitudini speciale pentru chimie, așa că după absolvirea studiilor universitare s-a angajat într-un laborator de chimie din Londra.

Spre cercetări în domeniul agricol a fost atras de două împrejurări : prima — citirea lucrărilor savantului francez T. de Saussure, iar a doua observația făcută de un vecin (care avea o fermă lîngă aceea moștenită de el de la părinți) că făina de oase dă rezultate diferite de la un loc la altul.

Plecînd de aici și înarmat cu temeinice cunoștințe în domeniul chimiei, Lawes începe o serie de studii asupra plantelor. Mai întîi el cercetează eficiența unor îngrășăminte asupra plantelor cultivate în vase, iar apoi direct în cîmp. Foarte interesante s-au dovedit experiențele executate cu fosfații încorporați în sol. Experiențe concludente au fost executate de Lawes în anii 1841—1842 pe parcele mari, care i-au permis să conchidă că îngrășămintele fosfatice au efecte excelente și asupra altor plante agricole.

Încurajat de rezultatele obținute, John Lawes construiește în apropiere de Londra două fabrici de îngrășăminte fosfatice, care s-au dezvoltat într-atît, încît în 1870 produceau circa 40 000 de tone de îngrășăminte.

Dorind să-și dedice întreaga activitate cercetărilor agronomice, Lawes vinde fabricile și-și extinde experiențele în cîmp, începute sistematic încă din 1843.

In 1854 cercetările la Rothamsted iau o și mai mare extindere datorită construirii unei clădiri pentru laboratoare donată lui drept recunoștință pentru serviciile aduse agriculturii engleze. O problemă importantă, căreia Lawes i-a acordat o atenție deosebită, a fost aceea a asolamentelor. Este demn de menționat că și astăzi se fac la stațiunea Rothamsted experiențe cu asolamente.

Concomitent cu studiile privind cultura plantelor, la Rothamsted s-au făcut cercetări fructuoase și în ceea ce privește îmbunătățirea raselor de animale domestice.

Importantele realizări obținute la Rothamsted au fost comunicate de-a lungul timpului de Lawes în cele peste 130 de memorii redactate și tipărite în renumite publicații științifice.

Dorind să asigure continuarea studiilor începute la stațiunea de la Rothamsted, John Lawes a donat statului cîmpurile de experiențe, laboratorul și suma de 100 000 de lire sterline. John Lawes s-a stins din viață la 31 august 1900, în vîrstă de 86 ani, opera sa științifică devenind un bun al agriculturii mondiale.

CONSTANTIN SANDU-ALDEA (1874—1927)

Cunoscutul agronom român, inițiatorul aplicării metodei ameliorării plantelor în România, s-a născut într-o familie de țărani, la 14 noiembrie 1874, în satul Tichilești, lîngă Brăila. În actul de naștere noul născut a fost trecut Constantin S. Petrea. Numele de mai tîrziu i-a fost dat de Nicolae Iorga cu prilejul primelor compoziții literare.

Școala primară și liceul le-a urmat în orașul Brăila, unde părinții săi s-au stabilit după 1880 și de unde continuau să meargă cu regularitate la muncile agricole principale — arat și semănat, secerat și treierat — la Tichilești.

După absolvirea liceului s-a înscris, în toamna anului 1892, la Școala centrală de agricultură de la Herăstrău, pe care o absolvă în 1896.

După cîțiva ani de peregrinări, în 1901 este trimis la specializare în Franța, unde rămîne pînă în 1903. Pregătirea profesională și-a desăvîrșit-o la Înalta școală de agricultură de la Berlin, unde a urmat cursurile timp de doi ani și jumătate, pînă în primăvara anului 1907.

Conferențiar, inspector la pescăriile statului și, în sfîrșit, profesor la Școala superioară de agricultură, Constantin Sandu-Aldea s-a dovedit un pedagog desăvîrșit. A fost un profesor captivant, care aducea în prelegerile lui, pe lîngă competență și putere de

convingere, cuvîntul înaripat ce rușea să conducă studenții spre înălțimile pasionantei lui specialități : genetica și ameliorarea plantelor.

Ca om de știință, C. Sandu-Aldea s-a impus printr-o bogată activitate. El a redactat, pe baza unei ample documentări și a unui imens material faptic cules din experiențe, lucrarea „Ameliorarea plantelor agricole", apărută în 1915, lucrare ce constituie primul tratat român în această disciplină. În afară de acest tratat, C. Sandu-Aldea a mai publicat cîteva lucrări originale, dintre care cele mai importante sînt : „Variabilitatea cîtorva însușiri ale spicului grîului românesc" (1923) și „Cîteva idei fundamentale din ameliorarea plantelor agricole" (1925).

Ca ameliorator, C. Sandu-Aldea a reușit să izoleze din grînele noastre vechi o serie de linii valoroase, care ulterior au fost înmulțite.

Legat de popor, Constantin Sandu-Aldea nu s-a limitat doar la activitatea didactică și științifică, ci s-a simțit dator să împrăștie lumină în lumea satelor, tipărind o serie de cărțulii cu caracter de popularizare, în care dădea sfaturi țărănimii. Iată cîteva dintre ele : „Scrisori către plugari", „Cărticica plugarului" etc.

Pe lîngă activitatea remarcabilă desfășurată ca om de știință, profesor și publicist, Sandu-Aldea și-a dăruit din puterea sa de muncă pentru reorganizarea și dotarea Școlii centrale de agricultură de la Herăstrău, pe care a condus-o timp de 14 ani. A luptat intens pentru recunoașterea legală a gradului universitar al școlii. N-a putut însă să vadă realizat acest obiectiv, deoarece abia în 1929, deci la 2 ani după moartea sa, școala a devenit Academie de înalte studii agronomice.

Numele lui Constantin Sandu-Aldea este cunoscut nu numai de specialiștii din agricultură, ci și de o întreagă masă de cititori. Povestirile și romanele lui, în special „Drum și popas", „În urma plugului", „Ape mari" și „Călugărenii", reprezintă valori literare mult apreciate de cititori. De altfel, valoarea creațiilor literare ale lui C. Sandu-Aldea a fost de mult recunoscută de Academia Română, care încă din 1919 l-a ales membru corespondent în secția literară.

După o viață plină de realizări, Constantin Sandu-Aldea se stinge din viață, în plină putere de muncă, la 21 iulie 1927, cînd abia trecuse de 52 de ani.

Hidroponica — o metodă de mare viitor

AURELIAN BĂLTĂREȚU

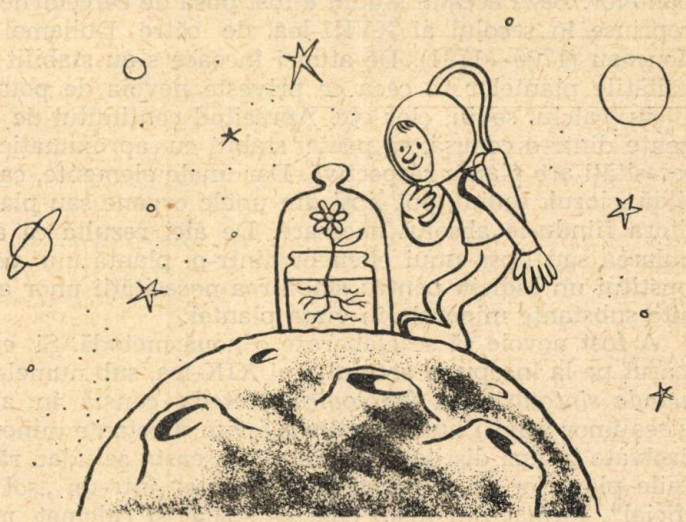
Și astăzi agricultura depinde în bună măsură de forțele oarbe ale naturii. Ploile și gerurile, vînturile și seceta, erodarea și sărăcirea solului — toate la un loc schimbă adeseori în mod supărător planurile agricultorilor. Desigur, s-au luat și se iau măsuri. S-au construit și se construiesc canale de irigație, baraje, se luptă împotriva eroziunii, se încearcă diverse metode de producere a ploii artificiale, se aplică pe ogoare cantități tot mai mari de îngrășăminte chimice, ceea ce înlătură în mare măsură efectele dăunătoare ale intemperiilor și ale altor cauze ce atrag după sine o producție agricolă scăzută.

Dacă plantele de uscat ar avea simțuri, fără îndoială că ar fi invidioase pe semenele lor care cresc în apă. S-a observat că în regiunile ecuatoriale creșterea și dezvoltarea florei acvatice are loc în cele mai bune condiții și, practic, nu depind de capriciile vremii. Firește, algele marine nu sînt amenințate de lipsă de apă, doar cresc în ea. Apoi compoziția chimică a apei nu se schimbă, iar temperatura oscilează în limite foarte mici. Din această cauză plantele care populează oceanul sînt foarte productive. De exemplu, renumita algă *clorella* produce în 24 de ore pe un

metru pătrat de suprafață circa 40 de grame de substanță uscată. Același indice la un cîmp de porumb bine îngrijit este de numai 15—16 grame.

Oamenii de știință au observat de mult această „inegalitate în drepturi" a plantelor de uscat. Ea a ridicat o problemă interesantă în fața cercetătorilor : oare nu s-ar putea crea un mediu ideal pentru plantele de uscat ? În felul acesta am crește o cultură de uscat în condițiile cele mai favorabile și am putea afla limita naturală a productivității, iar atunci, în cunoștință de cauză, am putea compara productivitatea lanurilor noastre cu productivitatea florei marine.

Prin asociație, s-a ajuns în ultimele decenii la elaborarea unei metode originale de cultură a plantelor, care deschide perspective noi în agricultură. Este vorba de *hidroponică*, sau, cum i se mai spune, de cultura plantelor în soluții nutritive.



În ultimii douăzeci de ani interesul pentru hidroponică a crescut continuu. Folosind această metodă, indiferent de latitudinea geografică și de calitatea solului din zona respectivă, se pot obține recolte bogate de legume, fructe, nutreț etc. Mai mult, metoda este de viitor și va permite, pro-

babil, cosmonauților să aibă hrană proaspătă pe planetele lipsite de viață, cum ar fi, de pildă, pe Lună.

Dar, în fond, ce este hidroponica și cînd a apărut ea?

Hidroponica este o metodă de cultură a plantelor în care solul arabil este înlocuit cu o soluție ce cuprinde substanțe minerale. Metoda nu este nouă, dar abia în zilele noastre a căpătat și capătă o tot mai largă răspîndire.

Întîi au fost experiențele

Actuala metodă hidroponică își are originea în niște experiențe începute în secolul trecut. Pe atunci se cerceta intens problema nutriției minerale a plantelor. „Ce elemente minerale extrage planta din sol?" — era întrebarea la care se căuta răspuns. S-a elaborat atunci o metodă de cercetare bazată pe analiza cenușii rezultată prin arderea plantelor. Baza acestui studiu a fost pusă de cercetările întreprinse în secolul al XVIII-lea de către Duhamel de Monceau (1700—1781). De atunci încoace s-au stabilit necesitățile plantelor în ceea ce privește nevoia de potasiu, siliciu, calciu, sodiu, clor etc. Apreciind conținutul de elemente dintr-o cenușă, se poate stabili cu aproximație ce necesități are planta respectivă. Dar unele elemente, ca, de pildă, clorul, sodiul, pot lipsi din unele organe sau plante, altora fiindu-le absolut necesare. De aici rezultă că acumularea sau lipsa unui element dintr-o plantă nu poate constitui un indiciu pentru stabilirea necesității unor anumite substanțe minerale în viața plantei.

A fost nevoie să se elaboreze o nouă metodă. Și ea a apărut pe la începutul secolului al XIX-lea, sub numele de *metoda sintetică*, sau *fiziologică*. Metoda constă în alcătuirea unor soluții nutritive din diferite substanțe minerale dizolvate în apă distilată. Cu soluția aceasta se udau rădăcinile plantelor de experiență, „plantate" într-un „sol artificial", format din nisip cuarțos spălat și calcinat, mărgele de sticlă etc. Dar după o serie de încercări, mai ales cînd se lucra cu nisip sau mărgele de sticlă, s-a constatat că plantele conțineau o cantitate mai mare de substanțe minerale decît li se administrase. Concluzia a fost că surplusul de elemente minerale existent în plante se datorează

acțiunii combinate a apei și bioxidului de carbon care dizolvau din pietriș și din sticlă cantitatea de elemente în discuție. De aceea, metoda se cerea îmbunătățită. Așa s-a trecut la metoda cultivării plantelor în soluții nutritive, cu o compoziție chimică bine cunoscută. În felul acesta se pot obține date precise asupra valorii fiziologice a fiecărui element în parte.

Odată metoda creată, diverși cercetători au elaborat felurite soluții nutritive. Primele au fost realizate în jurul anului 1860 de J. Sach (1832—1877) și F. Knop (1817—1901), independent unul de celălalt. Rețetele lor — cunoscute azi în lumea întreagă — au fost publicate în 1866 de Knop și în 1882 de Sach. Acești cercetători au preparat soluțiile nutritive dizolvînd în apă distilată substanțele prezente în cenușa plantelor în cantitate mare, dar nu sub formă de oxizi, ca în cenușă, ci sub formă de săruri. Obiectivul cercetărilor lor era descoperirea numărului de elemente minerale absolut indispensabile vieții plantelor. Rezultatele experiențelor lor au arătat că plantele au nevoie de azot, fosfor, sulf, potasiu, calciu, magneziu și fier : acestea au primit ulterior numele de macroelemente.

Ani de-a rîndul a dăinuit ideea că în afara celor patru elemente „organogene" — C, H, O, N, — planta n-are nevoie decît de elementele amintite mai sus. Afirmația se baza pe experiența făcută cu soluții nutritive care înlocuiau solul și în compoziția cărora intrau „numai" elementele amintite. Tehnica experiențelor era simplă : într-un vas cu apă distilată se introduceau anumite elemente, apoi se însămînța o plantă. Semințele încolțeau și planta începea să crească și să se dezvolte, ajungînd să dea roade. Concluzia ? Elementele minerale introduse în soluție erau suficiente.

Dar cercetătorii au mai observat ceva. Dacă se calcinează o plantă crescută în pămînt, rămîne un reziduu nevolatil — cenușa. Analizîndu-l, s-a stabilit că aproape nu există element de pe suprafața Pămîntului care să nu fie cuprins în el. S-au găsit chiar și elemente rare : argint, aur, platină, inclusiv radiu. Care-i rostul lor ? — se întrebau oamenii de știință. Unii au răspuns că ele nu participă la nutriție, ci ajung întîmplător în plante, numai fiindcă sînt dizolvate în apa absorbită de rădăcini.

Cu timpul, prin înmulțirea experiențelor și observațiilor, s-a văzut că elementele considerate ca „inutile" au un rol deosebit de important în viața plantei. Spre sfîrșitul secolului trecut, cînd chimia își îmbunătățea vertiginos metodele de lucru, au ieșit la iveală niște fapte care au răsturnat vechile concepții. Astfel, s-a constatat că substanțele „pure" folosite pentru prepararea soluțiilor nutritive nu erau chiar atît de pure. Ele mai conțineau mici cantități de impurități, formate din diverse elemente, suficiente însă pentru plantă. Cînd s-a reușit fabricarea unor reactivi chimici absolut puri, liberi de orice substanță străină, s-a văzut că soluțiile nutritive preparate numai cu cele șase elemente, considerate ca exclusiv necesare, nu pot asigura plantei condiții de creștere și dezvoltare. Semințele încolțeau, dar după un timp plantele piereau. Adăugînd soluției cantități foarte mici de mangan, zinc, cupru, bor, aluminiu, iod, brom, molibden etc., plantele erau salvate de la moarte și se dezvoltau normal. Așa a fost descoperită existența microelementelor.

Toate aceste experiențe au dus la apariția hidroponicii.

Din secretele hidroponicii

Creșterea plantelor cu ajutorul soluțiilor nutritive se poate face în două feluri : prin introducerea rădăcinilor plantelor direct în soluție și prin plantarea rădăcinilor în pietriș mărunt, irigat periodic cu soluție nutritivă.

Cînd plantele se cultivă direct în soluții, rădăcinile lor trebuie fixate pe un suport. De asemenea, aerul neputînd ajunge la ele, se face aerisirea lor prin suflarea lui în soluție. Cum plantele extrag zilnic din soluție elemente minerale, se face periodic un control chimic, corectîndu-se concentrația soluției prin adăugare de elemente.

În cazul cultivării în pietriș mărunt, aerisirea rădăcinilor are loc prin vasele de drenaj. Umectarea pietrișului se face în două feluri : fie prin curgere continuă (sub formă de picături), fie soluția se pompează dintr-un rezervor în vasul cu pietriș, astfel ca irigarea să asigure plantelor suficientă soluție nutritivă.

Cel de-al doilea sistem de cultură (în pietriș) este mai larg folosit decît primul, deoarece are mai multe avantaje economice, plantele fiind mai ușor de fixat și de întreținut.

Și acum să facem o vizită într-o seră unde se cultivă legume după metoda hidroponică.

Sub un acoperiș de sticlă, într-o atmosferă caldă și puțin umedă, dar bine luminată, cresc plante viguroase, pline de sănătate. Un lucru atrage atenția vizitatorului : lipsa pămîntului. Plantele își înfig rădăcinile în pietrișul unor bazine de beton căptușite cu o foaie de polietilenă. Pietrișul n-are o granulație uniformă. La suprafață el este mărunt și amestecat cu nisip. Cel de la fund este grosier. În locul pietrișului se mai folosește granitul pisat, nisipul, vermiculitul (mică încălzită la 800°C). Pe fundul bazinului și de-a lungul lui se întinde o conductă perforată, prin care se face alimentarea cu soluție nutritivă. Este suficientă o singură apăsare pe buton și soluția începe să curgă din rezervorul plasat sub poteca ce desparte bazinele în bazinul cu plante. După cîteva minute bazinul este plin, apoi soluția se scurge liber înapoi în rezervor.

În privința soluțiilor nutritive, acestea pot fi invariabile dacă compoziția lor nu trebuie să se schimbe în tot cursul perioadei de vegetație. Dar sînt și soluții variabile, care își schimbă compoziția și concentrația după fazele de dezvoltare a plantelor. În alcătuirea soluțiilor se are în vedere ca ele să fie simple, ieftine și să cuprindă cele mai răspîndite îngrășăminte chimice. Un bazin cu o suprafață de circa 1 000 m^2 necesită vreo 80 m^3 de soluție nutritivă. Umplerea și scurgerea bazinului cu pietriș trebuie să se facă într-o oră, altfel s-ar putea ca substanțele chimice să producă un atac la rădăcinile plantelor. Pentru a se evita rezervoarele exagerat de mari și instalațiile de pompare complicate, în cazul unor bazine cu suprafețe de 3 000—5 000 m^2, irigarea pietrișului se face cu aceeași soluție trecînd-o automat dintr-un bazin într-altul. Încălzirea pietrișului se face de la soluție, care se păstrează la o anumită temperatură constantă.

Cultura fără pămînt începe prin plantarea răsadurilor în „sol" — stratul de pietriș. La început tinerelor plante li se oferă o soluție mai slabă, care se ridică la cea nor-

mală cînd planta s-a înrădăcinat bine. În timpul iernii procesul de fotosinteză, ce are loc în frunza verde, este stimulat prin iluminări suplimentare.

În instalații mari, automatizate, munca se rezumă la lucrările curente de îngrijire (tăieri, combaterea dăunătorilor etc.) și la controlul strict al concentrației soluțiilor.

Față de culturile de cîmp, culturile în soluții nutritive n-au nevoie de operații de plivire, deoarece buruienile nu apar. În același timp dezinfectarea și combaterea dăunătorilor se face foarte ușor prin metode chimice, în comparație cu lucrările din cîmp.

Deoarece pămîntul, în care au loc procese microbiologice eliberatoare de bioxid de carbon, lipsește, este necesară gazarea cu CO_2. Altfel conținutul în bioxid de carbon din seră scade repede, și fotosinteza nu se mai desfășoară normal, recolta avînd de suferit.

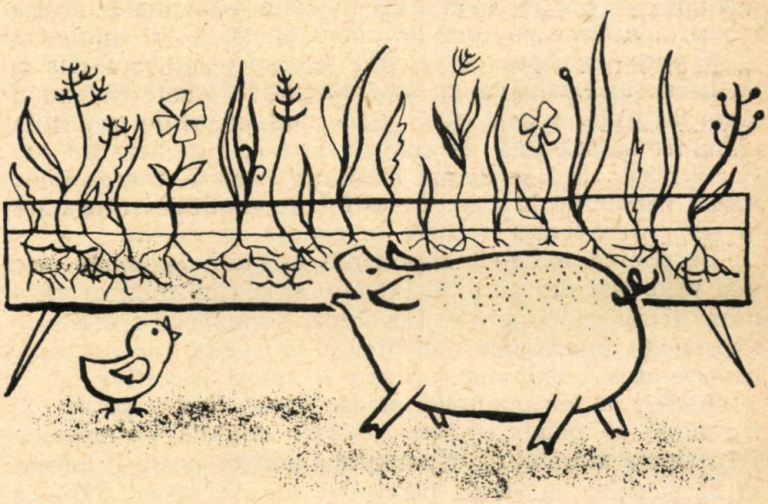
Recolte uluitoare

În ultimul timp o largă răspîndire a căpătat metoda de cultură hidroponică a nutrețului verde, atît de necesar animalelor în lunile de iarnă.

Spre deosebire de cultura în pietriș irigat cu soluție nutritivă, binecunoscută de legumicultori și floricultori, producerea nutrețului verde, a masei verzi cum i se mai spune, nu cere construcții speciale, ci niște simple cutii din tablă. În ce constă metoda?

Pe fundul cutiilor de tablă se așază un strat de semințe (orz, grîu, porumb), care apoi se umezesc cu o soluție nutritivă. După „însămînțare" cutiile se țin la întuneric, ca să încolțească mai repede. Cînd semințele au încolțit sînt aduse la lumină. Dacă plantele răsărite sînt iluminate artificial și udate cu soluție nutritivă, atunci de pe fiecare metru pătrat se obțin în 7—8 zile circa 40 kg de nutreț verde din 4 kg de sămînță pusă la germinat. Ce reprezintă această cantitate de masă verde? Nimic altceva decît de zece ori mai mult ca în cultura obișnuită. Procentual, aceasta reprezintă un spor de 900% față de cultura din cîmp.

Hrana verde de pe un metru pătrat este suficientă pentru a alimenta într-o zi 2 000 de pui sau 100 de purcei. De pe 100 m² se obține anual aproape aceeași cantitate de nutreț ca aceea realizată de pe 10 ha cultivate obișnuit!



Este într-adevăr o recoltă uluitor de mare. Și aceasta datorită culturii hidroponice.

O nouă realizare în acest domeniu o constituie producția continuă, pe „bandă", aproape industrială, a legumelor de dimensiuni mici, ca, de pildă, salata, în sere hidroponice gen turn. Instalația, pusă la punct în Austria, are forma unui turn în interiorul căruia se mișcă continuu o bandă fără sfîrșit de care sînt prinse niște ghivece. În acestea sînt răsădite plantele. La punctul cel mai de jos al turnului, ghivecele cu plante sînt cufundate în soluția nutritivă. Tot pe aici se recoltează și legumele.

Deși sistemul acesta de cultură hidroponică nu este încă perfect din punct de vedere economic, el deschide pentru viitor un drum plin de perpesctive producției continue, pe bandă rulantă, a legumelor și plantelor ornamentale.

Perspective în legumicultură

Cultura legumelor are o importanţă covîrşitoare în alimentaţia omului. Acestea — fie că e vorba de tomate, castraveţi, varză etc. sau de anumite verdeţuri condimentare — sînt de neînlocuit datorită vitaminelor şi sărurilor minerale pe care le cuprind. Dacă în lunile de vară aprovizionarea cu legume proaspete se face destul de uşor, nu acelaşi lucru se întîmplă în lunile de iarnă. Apoi nu trebuie uitat că în ţările nordice, unde condiţiile climatice diferă faţă de cele de la noi, legumele nu pot fi cultivate, deşi se depun stăruinţe pentru crearea unor soiuri rezistente la frig. În astfel de condiţii cultura lor în sere hidroponice rezolvă în general problema.

Se ştie că tomatele reprezintă una din legumele cele mai valoroase din punct de vedere al conţinutului în vitamine şi săruri minerale. De aceea, s-au făcut o serie de experienţe interesante referitoare la modul lor de comportare atunci cînd sînt cultivate în soluţii nutritive.

Astfel, la început s-au plasat pe un metru pătrat de suprafaţă 16 plante, aşezate fiecare într-un vas special. Experienţa a arătat că densitatea plantelor poate fi mărită la 25 şi chiar la 36 de plante pe metrul pătrat, fără ca plantele să se stînjenească unele pe altele. Temperatura serei a fost astfel reglată, încît ziua ea urca la 25°C, iar noaptea cobora la 15°C. Şi lumina a fost raţionalizată : din 24 ore, tomatele erau luminate continuu 14 ore cu lămpi incandescente, iar 10 ore rămîneau în întuneric.

Plantele au reacţionat perfect la condiţiile create. În cîmp deschis primul rod se coace în cel mai bun caz în 100—105 zile, iar întreaga recoltă, care reprezintă vreo 660 de chintale la hectar, în aproape o jumătate de an. În condiţiile culturii hidroponice din seră fructele se recoltează într-un termen de două ori mai scurt, adică în 50 de zile. Apoi fiecare metru pătrat aduce 18—20 kg de tomate, deci un hectar produce pînă la 2 000 de chintale. Şi toate acestea nici în două luni ! Deci se pot produce şase recolte pe an, care pot furniza mai bine de 1 000 000 kg de tomate.

Experienţele au arătat că s-a îmbunătăţit şi calitatea tomatelor. Ele au devenit mai mari, şi-au dublat conţinu-

tul în zaharuri și acid ascorbic (vitamina C). Apoi au furnizat o cantitate suficientă de semințe bune. Faptul acesta din urmă este prețios mai ales selecționeri, pentru că obținerea a șase generații pe an accelerează exact de șase ori producerea soiurilor noi.

În laborator cercetătorii creau microclima, imitau natura, făcînd artificial timp frumos. Dar se poate oare spune că un asemenea mediu este ideal pentru plante ? Experiențele mai aprofundate arată că nu, nu se poate. Trebuia descoperit cum acționează clima artificială, și pe această bază s-a găsit regimul optim.

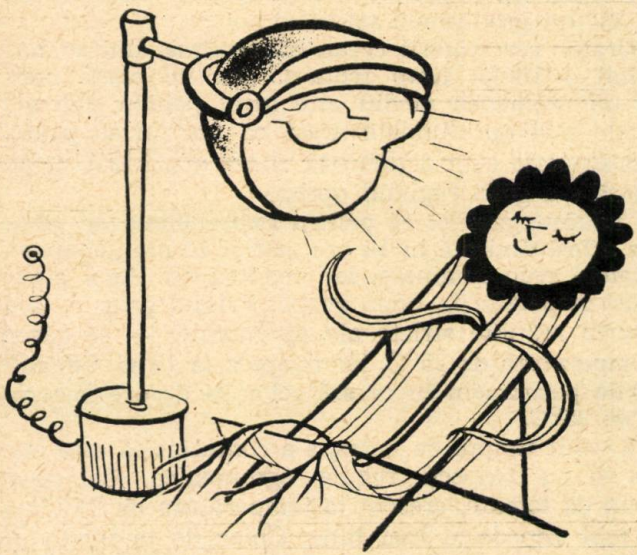
Să ne aducem aminte că pentru experiențele de laborator ziua a fost divizată în 14 ore „zi" și 10 ore „noapte". Ziua tomatele erau luminate, iar noaptea nu. Apoi plantele au fost împărțite în două grupe. Primul grup — așa cum prescriu regulile stricte ale agronomiei — se găsea ziua la temperatura de 25°C, iar noaptea la 15°C. Celălalt grup se afla permanent în cursul celor 24 de ore la temperatura de 25°C.

Cînd a venit timpul de cules, s-a constatat că este mai avantajos să nu respecți regula agronomică. Cel de-al doilea grup de tomate, crescut la temperatura de 25°C, se dezvolta mai repede și mai bine. Chiar de la vîrsta de 30 de zile (socotită de la data cînd au răsărit) plantele erau viguros legate. Peste încă o lună ele au dat o recoltă bogată. Grupul crescut „după reguli", adică cu „noapte relativ răcoroasă", a rămas mult în urmă : tomatele au fost culese cu două săptămîni mai tîrziu, și coapte nu erau nici jumătate.

Dezvoltarea intensă și rapidă a plantelor la temperatura permanent mai ridicată îmbunătățește calitățile nutritive ale fructelor și ridică productivitatea plantațiilor. Și, dimpotrivă, scăderea temperaturilor în cursul „nopții" nu numai că întîrzie termenul de recoltare, dar ridică și prețul de cost cu o dată și jumătate. În acest fel se constată trăsătura cea mai importantă a celei mai binefăcătoare microclime — temperatura mai ridicată și constantă a solului și a atmosferei.

Pentru a obține în condiții artificiale o recoltă ridicată, este foarte important să se stabilească un regim corect de lumină. În laborator, sursa principală de radiații

artificiale o constituie lămpile incandescente, prevăzute cu oglinzi pe care se scurge lent apă cu temperatura de 25—30°C. Apa absoarbe radiațiile infraroșii, de care plan-



tele nu au nevoie. La o anumită distanță de oglindă, cantitatea de energie luminoasă ajunge la jumătatea intensității luminii solare normale de amiază, necesară în general obținerii recoltelor bogate la cea mai mare parte a plantelor. Distanța aceasta se stabilește experimental de la plantă la plantă.

Experiențele au arătat că lămpile incandescente cu oglinzi în combinație cu filtrul de apă sînt cele mai potrivite dacă este vorba de obținerea recoltelor mari numai la lumină artificială. În afară de aceasta, ele sînt și simplu de mînuit. Problema se schimbă dacă plantele sînt cultivate într-un regim mixt : cu lumină artificială și naturală. În acest caz, experiențele spun că sînt mai indicate lămpi luminiscente de 40 sau 80 de wați, plasate printre plante.

Pe măsură ce cercetările în domeniul studiului condițiilor de iluminare a plantelor se adîncesc și electrotehnica

progresează, probabil vor fi create alte tipuri de lămpi, mult mai economice decît cele existente.

Perspectiva unor asemenea experienţe o constituie obţinerea industrială a produselor agroalimentare în condiţii artificiale. De aceea, oamenii de ştiinţă îşi îndreaptă şi astăzi atenţia asupra problemei compensării cheltuielilor pentru energie în condiţiile laboratorului. Astăzi un kilogram de tomate necesită 225 de kilowaţi-oră de energie electrică. Dacă se va ridica productivitatea soiurilor folosite în cultura hidroponică, atunci la un kilogram de tomate se vor consuma numai 50—60 de kilowaţi-oră.

Toate acestea au fost discutate cu specialişti în energetică, care au sugerat agronomilor multe lucruri utile. Se ştie că aproape la toate uzinele electrice se întîmplă ca la anumite ore să existe un surplus de energie electrică. Şi invers — ore de vîrf în ceea ce priveşte consumul. Chiar făcînd abstracţie de anotimp, aceste perioade de timp se pot determina aproximativ. Vîrful de consum este în general cuprins între orele 16 şi 23 şi între 8 şi 11. Surplus de energie : de la ora 23 pînă la ora 8 dimineaţa şi apoi de la ora 11 pînă la 16.

Deci surplusul de energie la uzinele electrice se menţine 9 + 5 = 14 ore în 24 ore. Exact atîta cît trebuie să dureze ziua artificial luminată ! Dar apare un inconvenient : ziua clasică trebuie să dureze 14 ore în şir, iar energetica oferă numai o perioadă de 9 ore neîntrerupt. Rămîne o singură ieşire : să se defalce ziua de iluminat (9 + 5), intercalînd trei ore de întuneric de la ora 8 pînă la ora 11 dimineaţa.

Aşa s-a şi procedat. S-a constatat că dezvoltarea tomatelor decurge în aceste condiţii neobişnuite absolut normal. Peste două săptămîni au apărut boboci, iar în a 23-a zi plantele au înflorit. Recoltarea s-a făcut în a 65-a zi şi s-au cules 12,5 kg de pe metrul pătrat. Mai puţin de 18 kg, cît se obţinea în mod obişnuit dacă plantele erau iluminate neîntrerupt timp de 14 ore, dar pentru început nu este rău, această recoltă se va putea ridica prin selecţionarea celor mai bune tomate în cîteva generaţii.

Iată cum se comportă tomatele obişnuite crescute în condiţii apropiate de cele ideale. Dacă şase recolte pe an

ne vor aduce de pe fiecare metru pătrat 400 kg de rod — și faptul acesta este posibil —, atunci creșterea zilnică a masei uscate va constitui 260 de grame. Aceasta depășește cam de șase ori productivitatea renumitei alge cllorela !

Experiențele acestea de cultivare a plantelor în soluții nutritive demonstrează că legumiculturii i se deschid largi perspective de dezvoltare în viitor. Fără îndoială că atunci cînd energia electrică va fi obținută foarte ieftin în centrale nucleare, problema aprovizionării omului cu legume proaspete tot timpul anului, indiferent de latitudinea geografică la care s-ar găsi, va fi complet rezolvată. Și asta datorită hidroponicii.

DMITRI NIKOLAEVICI PREANIȘNIKOV
(1865—1948)

Dmitri Nikolaevici Preanișnikov — fondatorul agrochimiei sovietice — s-a născut în 1865 în orașul Kiahta din Transbaikalia, oraș aflat în apropierea granitei cu Mongolia.

D. N. Preanișnikov a făcut studiile secundare la Irkutsk. În 1883 se înscrie la Universitatea din Moscova, unde frecventează cursurile Facultății de științe naturale. Aici audiază cursurile unor profesori renumiți, printre care se numără și K. A. Timireazev. In 1887 absolvă facultatea. Urmează în continuare cursurile Academiei agricole, la terminarea cărora se dedică cercetărilor în domeniul transformării substanțelor albuminoide.

În 1892 D. N. Preanișnikov începe să predea lecții de chimie agricolă la Universitatea din Moscova. În 1895 este numit profesor la Institutul agronomic din Moscova. Cu toate acestea continuă să studieze procesul transformării substanțelor albuminoide în plante. Chiar teza sa de doctorat are această temă. Timireazev — referent științific al lucrării sale — precizează că teza lui Preanișnikov este „clasică ca metodă și concluzii". D. N. Preanișnikov publică în 1911 lucrarea „Unitatea structurii substanțelor albuminoide și a transformărilor lor de bază în organisme vegetale și animale".

Din anul 1907 D. N. Preanișnikov devine director al Academiei de agricultură „Petru I". În 1916 ia parte activă la organizarea Comitetului pentru problema îngrășămintelor, care mai tîrziu s-a transformat în *Institutul de îngrășăminte*, astăzi *Institutul de cercetări științifice în problema îngrășămintelor și insecticidelor*. La

acest institut D. N. Preanișnikov a condus timp de aproape 30 de ani secția de agrochimie.

În 1929 D. N. Preanișnikov a fost ales membru al Academiei de Științe, iar în 1935 membru al Academiei de științe agricole.

D. N. Preanișnikov a luptat consecvent pentru o agricultură avansată intensivă, bazată pe o înaltă agrotehnică și pe chimizare. Este interesant faptul că el a propus pentru prima dată, în 1924, termenul de *chimizare* a agriculturii, termen ce are astăzi circulație generală. Tot el a adus un important aport în dezvoltarea științei privitoare la nutriția plantelor și la cunoașterea circuitului elementelor minerale în natură. De asemenea, a combătut sistemul asolamentului cu ierburi perene și celelalte sisteme de agricultură extensivă.

D. N. Preanișnikov a combătut „legea fertilității descrescînde a solului", după care în agricultură orice nou adaos dintr-un factor de vegetație (apă, hrană etc.) în aceeași cantitate ca cel precedent aduce un spor de recoltă din ce în ce mai mic. Demonstrînd netemeinicia acestei „legi", el a formulat legea fertilității crescînde a solului, care se aplică atunci cînd acesta are toți factorii de vegetație în cantitățile necesare.

După o lungă și laborioasă activitate, D. N. Preanișnikov moare la 83 de ani, în 1948.

EMANOIL C. TEODORESCU (1866—1949)

La 10 mai 1866 s-a născut în satul Călinești din raionul Botoșani Emanoil C. Teodorescu, care avea să devină cel mai de seamă fitofiziolog român, întemeietorul primei catedre și a primului laborator de fiziologia plantelor din țara noastră.

După absolvirea claselor primare, E. C. Teodorescu urmează liceul la Botoșani și Universitatea din Iași. Aici tînărul student are, printre alții, profesori renumiți, ca : Grigore Cobălcescu, Leon Cosmovici, Atanasie Fătu.

La absolvirea universității, E. C. Teodorescu pleacă la Paris, unde audiază cursurile unor savanți cu renume mondial : zoologii Henri Lacaze-Duthiers și Ives Delage, fiziologul A. Dastre, biochimistul E. Duclaux, botanistul Gaston Bonnier. Dintre toți, tînărul cercetător român este atras de Gaston Bonnier, care în 1890 înființase la Fontainebleau laboratorul de biologie vegetală. Aici, în noul laborator, E. C. Teodorescu își pregătește teza de doctorat, cu tema : „Influența diverselor radiațiuni luminoase asupra formei și structurii plantelor". Teza, alcătuită sub îndrumarea lui Gaston Bonnier, este susținută și publicată în 1899 la Paris.

Întors în țară, E. C. Teodorescu lucrează după 1900 ca asistent la Institutul botanic din București. În acest laborator s-a format o pleiadă de cercetători, creîndu-se școala românească de fiziologie vegetală.

Ca om de știință, Emanoil C. Teodorescu a făcut nenumărate studii. În afara tezei sale de doctorat publicată în Franța, cunos-

cutul fiziolog a publicat în 1907 o renumită *monografie* a unor alge din diferite regiuni ale țării noastre. Cu ocazia cercetărilor făcute, E. C. Teodorescu a descoperit o specie, 3 varietăți și 18 forme noi de alge. Tot el a denumit două genuri necunoscute de alge (genul *Gomontiella*, din clasa algelor albastre, și genul *Dunaliella*, din clasa algelor verzi).

Între anii 1938 și 1943 E. C. Teodorescu se ocupă cu pasiune de esența fiziologică a mișcărilor diurne executate de zoosporii algelor (celule mici care servesc la înmulțire). El dovedește că aceste mișcări sînt influențate de temperatură și mai ales de lumina cu diferite lungimi de undă, dar că acești factori nu pot modifica totuși ritmicitatea mișcărilor, oricît le-am supune acestei lumini și temperaturi, ele fiind mișcări de comandă interioară, ca și mișcările „de somn și de veghe" ale plantelor superioare.

Lucrînd tot în domeniul algelor, E. C. Teodorescu a identificat în celula algelor albastre pigmentul roșu numit *ficoeritrină*, caracteristic algelor roșii. Descoperirea lui a constituit un argument pentru cercetătorii care au susținut ulterior originea comună a algelor roșii și albastre.

În numeroase lucrări, renumitul fiziolog cercetează influența luminii cu lungimi de undă diferite asupra plantelor verzi, modul cum se formează clorofila, cum are loc procesul de fotosinteză etc. Sînt de reținut și studiile lui privind creșterea și mișcarea plantelor.

Datorită calităților lui deosebite ca dascăl și om de știință, E. C. Teodorescu a fost ales încă din 1909 membru corespondent al Academiei Române. Personalitate cu renume mondial, este ales în 1935 vicepreședinte al Congresului internațional botanic ținut la Amsterdam. În 1939 Academia de Științe din Paris îl cooptează ca membru corespondent. În 1945, Academia Română îl alege membru titular, iar în 1948 Academia Republicii Populare Române îl realege membru titular, organizator.

Activitatea lui E. C. Teodorescu s-a desfășurat și pe plan social. A fost membru al Partidului Comunist Român și deputat în Marea Adunare Națională.

Prin opera și activitatea sa, Emanoil C. Teodorescu rămîne unul dintre cei mai stimați oameni de știință români, care și-a dedicat viața progresului.

Lingvistica matematică

Prof. univ. dr.
SOLOMON MARCUS

1. Elefantul lingvistic

Există o istorioară cu un elefant și niște orbi. Fiecare dintre aceștia mergea pe lîngă o altă parte a corpului elefantului. Cel care mergea lîngă un picior pretindea că elefantul este un stîlp. Cel care mergea lîngă coadă pretindea că elefantul este o funie. Cel care era lipit de burta elefantului, îl simțea pe acesta ca pe un perete. Cel de lîngă ureche avea impresia că se află în preajma unei corăbii. În sfîrșit, cel care mergea lîngă trompă susținea că este în preajma unui furtun. Cearta iscată de aceste păreri diferite despre elefant nu se mai termina ; fiecare asimila elefantul cu acea parte a corpului acestuia pe care o putea percepe direct.

În urmă cu cîțiva ani, logicianul american Haskell B. Curry compara lingvistica cu elefantul din istorioara de mai sus. Într-adevăr, lîngă „elefantul lingvistic" pășesc lingvistul, logicianul, psihologul, matematicianul, inginerul, fizicianul, sociologul, neurologul și alți „orbi". Fiecare dintre aceștia sesizează un anumit aspect al limbii, al lingvisticii. Lingvistul este atras de sistemul de reguli gramaticale, de etimologia cuvintelor și de evoluția structurii gramaticale și fonologice, logicianul este atras

de confruntarea dintre „logic" și „gramatical", matematicianul vede în limbă un cod, pentru fizician limba este, în esență, o anumită organizare a unor sunete, deci se subordonează acusticii, inginerul preferă să vadă în limbă o transmitere de informație care se poate face, la rigoare, prin telefon, telegraf, radio sau televiziune și se poate prelucra la un calculator electronic, sociologul este atras de realitatea socială, umană a limbii, în timp ce pentru psiholog și neurolog limba este cel de-al doilea sistem de semnalizare (în sensul concepțiilor lui Pavlov).

Desigur că în cele spuse mai sus este o oarecare exagerare, specialiștii nefiind chiar atît de exclusiviști ca orbii din poveste. Totuși, pînă de curînd foarte puțini dintre specialiștii interesați în problemele limbii manifestau o suficientă înțelegere pentru complexitatea pe care ea o prezintă. Nu trebuie să vedem aici o lipsă de bunăvoință din partea lor, ci caracteristica unei anumite etape de dezvoltare a științei, etapă în care aceasta nu era încă suficient dezvoltată, iar savanții nu erau încă destul de pregătiți pentru înțelegerea fenomenelor interdisciplinare. Ceea ce caracterizează dezvoltarea recentă a științei este tocmai estomparea hotarelor dintre discipline și apariția unor domenii cu caracter complex, interdisciplinar, despre care nu mai putem spune uneori nici măcar că aparțin științelor naturii sau științelor omului, deoarece au ramificații atît în unele, cît și în celelalte. Tocmai o astfel de disciplină este și lingvistica matematică, pe care o putem defini ca fiind studiul fenomenelor de limbă cu mijloace matematice.

2. Cîțiva precursori

Posibilitatea și necesitatea utilizării metodelor matematice în lingvistică au fost întrevăzute încă la sfîrșitul secolului trecut și începutul secolului nostru atît de către matematicieni (V. I. Buneakovski, A. Markov, E. Borel), cît și de către lingviști (Baudoin de Courtenay, Ferdinand de Saussure, L. Bloomfield, L. Hjelmslev). V. I. Buneakovski a prevăzut încă în 1847 rolul important al statisticii în lingvistică, faptul că studiul fenomenelor de etimologie

și gramatică cere cunoașterea frecvenței cu care intervin diferitele elemente ale limbii — sunete, cuvinte, forme și categorii gramaticale etc. A. A. Markov, pornind de la modelul succesiunii vocalelor și consoanelor într-un text de limbă, succesiune în care probabilitatea de apariție a unui element depinde nu numai de acest element, ci și de elementele vecine, a introdus, la începutul secolului nostru, o noțiune care avea să devină clasică în teoria probabilităților, noțiune cunoscută astăzi sub denumirea de „lanț Markov". Matematicienii români O. Onicescu și G. Mihoc au introdus în știință, încă în urmă cu treizeci de ani, noțiunea de „lanț cu legături complete", care generalizează pe aceea de „lanț Markov" și este capabilă să descrie cu mai multă finețe structura unui text lingvistic, deoarece poate înregistra nu numai condiționările dintre elemente vecine, ci și între cele mai depărtate. Astfel, probabilitatea ca o anumită literă să apară pe locul al cincilea într-un text depinde nu numai de litera care se află pe locul al patrulea, ci de toate cele patru litere cu care începe textul.

Dar, așa cum am menționat, nu numai matematicienii, ci și lingviștii au prevăzut procesul treptat de matematizare a lingvisticii. În 1894, F. de Saussure scria: „Les quantités du langage et leurs rapports sont régulièrement exprimables *dans leur nature fondamentale*, par des formules mathématiques", iar ulterior, referindu-se la problema exprimării cît mai simple a conceptelor lingvistice, tot el afirma: „L'expresion simple sera algébrique ou elle ne sera pas". Încă în urmă cu aproape 40 de ani, L. Bloomfield a publicat un articol intitulat semnificativ: „A set of postulates for the science of language" (O serie de postulate pentru știința limbii), în care încerca să construiască lingvistica pe baza unui sistem de axiome, în felul în care, în urmă cu peste două mii de ani, Euclid procedase cu geometria. Lingvistul danez L. Hjelmslev preconiza încă în urmă cu cîteva zeci de ani o algebră lingvistică.

În lucrarea sa „Limba în circulațiune", publicată la sfîrșitul secolului trecut, cărturarul român Bogdan Petriceicu Hasdeu a dezvoltat ideea că importanța împrumu-

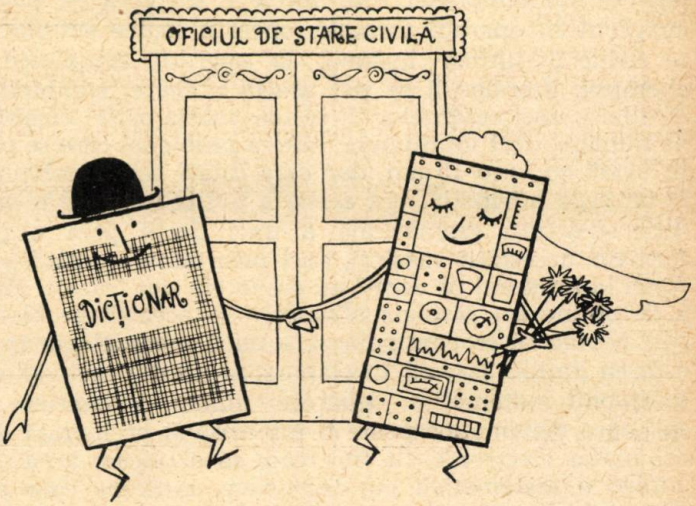
turilor de cuvinte din alte limbi nu trebuie apreciată numai după numărul de cuvinte împrumutate, ci și după frecvența cu care aceste cuvinte apar în limba care le-a preluat. Prin aceasta, Hasdeu a anticipat dezvoltarea vertiginoasă pe care avea s-o ia mai tîrziu cercetarea statistică a limbii.

Printre precursorii lingvisticii matematice se numără și savantul francez de origine română Pius Servien, pe numele său adevărat : Șerban Coculescu (fiu al marelui astronom român Nicolae Coculescu). În cărți ca „Les ryth-mes comme introduction physique a l'esthètique", „Le langage des sciences", „Lyrisme et structures sonores" și altele, Servien a schițat unele posibilități de folosire a matematicii în domeniul poeticii. Unele dintre ideile lui Servien au devenit deosebit de actuale în ultimii ani, în urma aplicării teoriei informației în lingvistică.

3. De la o căsătorie silită la una din interes ; de la una din interes la una de plăcere

Dezvoltarea științei a obligat lingvistica să se întîlnească și să colaboreze cu matematica în urmă cu aproape douăzeci de ani, într-un moment în care nici lingviștii, nici matematicienii nu erau pregătiți pentru o astfel de colaborare, și mulți dintre ei nici nu o doreau. Dezvoltarea societății a adus la ordinea zilei problema prelucrării automate a informației lingvistice, a transmiterii ei pe diferite canale de comunicație, altele decît vocea umană, cum ar fi televiziunea, radioul, telegraful și telefonul. Unui om de știință care lucrează în domeniul chimiei organice sau al biologiei i-ar trebui cîteva ore pe zi numai pentru a răsfoi revistele și cărțile de specialitate. Calcule simple arată că în scurt timp un om de știință ar trebui să-și epuizeze timpul său de lucru numai pentru a lua cunoștință cu titlurile articolelor care apar în domeniul său de specialitate. Singura ieșire din această dificultate este automatizarea operațiilor de informare, rezumare și documentare științifică. Pe de altă parte, necesitatea de a lua cunoștință într-un timp cît mai scurt de tot ceea ce se publică în diferite limbi ale globului, creșterea impresio-

nantă a volumului de traduceri dintr-o limbă în alta cer automatizarea operațiilor de traducere. Așa s-a ajuns la traducerea automată (adică traducerea cu ajutorul calcu-



latoarelor electronice) și la crearea limbilor logice de informație, prin intermediul cărora operația de documentare și sistematizare a informației științifice poate fi preluată de un calculator electronic.

În jurul anului 1950, cînd au început să se pună aceste probleme, nu era încă destul de clar cine trebuie să se preocupe de ele. Impresia precumpănitoare era că aceste preocupări revin inginerilor, deoarece ele sînt legate într-un mod esențial de activitatea calculatorului electronic. Matematicienii erau încă destul de indiferenți, iar lingviștii, fără să-și ascundă curiozitatea pentru noile cercetări la care este supusă limba, se țineau încă departe de ele, convinși că aceste cercetări nu-i privesc.

Totuși, treptat, s-a constatat că prelucrarea automată a limbii nu este în primul rînd o problemă de inginerie, ci una de teorie a limbii. Pentru prelucrarea automată a limbii nu este nevoie de calculatoare electronice speciale, ci sînt suficiente cele existente. Este nevoie însă de o de-

scriere a structurii limbii de așa natură, încît s-o poată înțelege mașina. Cineva a spus despre calculatorul electronic că este un imbecil de geniu. Acest „imbecil" nu înțelege sensul cuvintelor, dar înțelege tot ceea ce poate fi convertit în operații formale, operații logice simple, care se reduc în ultimă instanță la operații aritmetice. De exemplu, literelor li se pot asocia numere, combinațiilor de litere, deci cuvintelor, li se vor asocia astfel combinații de numere, deci tot numere. Marea problemă care se punea în urmă cu vreo 15 ani, dar care astăzi este rezolvată într-un sens afirmativ, era aceea a posibilității de a se descrie structura gramaticală a unei limbi prin mijloace formale, accesibile mașinii, deci prin evitarea oricăror referiri la înțelesul pe care-l au cuvintele sau frazele. Pentru a se obține un răspuns afirmativ la această problemă a fost nevoie să se construiască o nouă metodologie în cercetarea limbii. Tocmai în elaborarea acestei metodologii a intervenit matematica, deoarece numai o descriere prin mijloace matematice poate fi înțeleasă și prelucrată de un calculator electronic. Să încercăm să explicăm această întîlnire a matematicii cu lingvistica, întîlnire care a dat multora impresia de a fi o legătură trecătoare, dar care s-a dovedit din ce în ce mai trainică, transformîndu-se într-o căsnicie durabilă, care în curînd își va serba „nunta de argint".

4. Sursa matematică a lingvisticii matematice

Unul dintre evenimentele de seamă în dezvoltarea matematicii a fost nașterea, în secolul trecut, a teoriei mulțimilor infinite, vastă disciplină de sinteză, care a permis o reformulare și o fundamentare a întregii matematici. Unele dintre proprietățile mulțimilor infinite au surprins de la început intuiția cercetătorilor, lucru explicabil prin faptul că această intuiție este un rezultat al experienței umane, esențial finite. Astfel, o mulțime infinită poate avea tot atîtea elemente ca și o parte a sa, ceea ce este imposibil la o mulțime finită. Mai grav este însă faptul că studiul mulțimilor infinite a condus la apariția unor

paradoxe care nu puteau fi explicate și eliminate prin mijloacele existente la începutul secolului nostru. Unele dintre aceste paradoxe apar chiar în cazul unor mulțimi finite și circulă uneori sub o formă anecdotică. Așa este, de exemplu, „paradoxul bărbierului". Să numim bărbierul unui sat drept acel om din sat care bărbierește pe toți locuitorii satului care nu se bărbieresc singuri. Se pune problema dacă bărbierul satului se bărbierește sau nu pe sine. În cazul afirmativ, rezultă că el bărbierește un locuitor care se bărbierește singur, în contradicție cu calitatea sa de bărbier al satului. În cazul negativ, el trebuie totuși să se bărbierească și pe sine, deoarece prin calitatea pe care o are el bărbierește pe toți cei care nu se bărbieresc singuri.

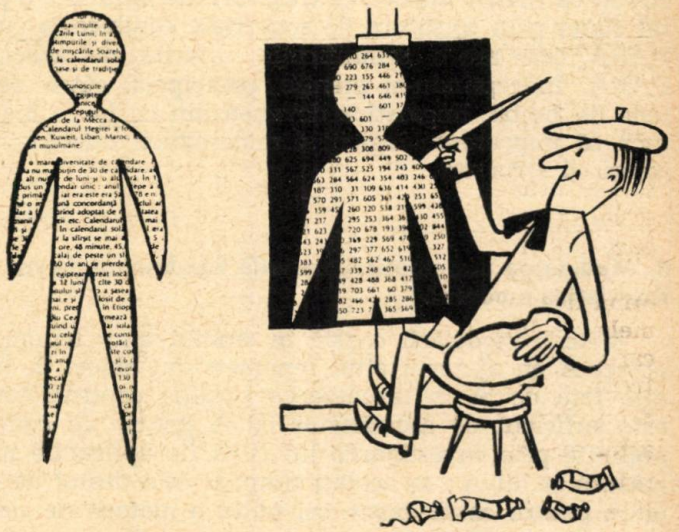
Nu putem intra aici în analiza logică a acestor paradoxe, a cauzelor care le generează. Vom spune doar că matematicienii, puși în fața acestei situații critice, au fost obligați să treacă la un control atent al tuturor mijloacelor de demonstrație matematică, pentru a îndepărta toate elementele insuficient de riguroase, suspectate de a fi vinovate de apariția paradoxelor. Cerința imperioasă de fundamentare a diferitelor domenii ale matematicii a condus, în deceniile al doilea și al treilea ale secolului nostru, la dezvoltarea de către Hilbert a teoriei demonstrației și a teoriei sistemelor formale. Tocmai în acest moment al dezvoltării științei apare clară importanța aspectului de limbaj al teoriilor matematice. Într-adevăr, noțiunea de sistem formal, cu ajutorul căreia se obține acea rigoare crescută cerută de noua dezvoltare a matematicii, se definește ca o colecție de fraze pe un anumit vocabular (ale cărui elemente nu sînt cuvinte dintr-o limbă naturală, ci niște semne, avînd o semnificație matematică). Aceste fraze sînt de două feluri : termeni și relații. Teoremele unei teorii matematice alcătuiesc o parte a mulțimii relațiilor. Aceste teoreme se obțin cu ajutorul unui număr restrîns de relații, numite axiome, folosind o anumită colecție de reguli de deducție. O relație este o teoremă dacă ea se obține, pornind de la axiome și aplicînd de un număr finit de ori diferite reguli de deducție.

5. Sursa lingvistică a lingvisticii matematice

Paralel se desfășoară, în interiorul lingvisticii, o evoluție rapidă către considerarea aspectelor relaționale, structurale, prin metode axiomatic deductive. Lingvistica a fost multă vreme exclusiv o știință de observație, în care rezultatele se dobîndeau prin inducție și generalizare, accentul căzînd pe compararea diferitelor faze din evoluția unei limbi, precum și pe compararea unor fapte aparținînd unor limbi diferite. Aceasta a dus la neglijarea cercetării limbii ca un ansamblu de structuri stabile, la neglijarea faptului că, într-o perioadă dată, limba se prezintă ca un ansamblu de structuri a căror natură se cere a fi descoperită. Ca și în alte științe, după o perioadă de intensă acumulare a numeroase fapte particulare, se simțea nevoia unor metode noi, a unei organizări superioare a uriașului material faptic acumulat. Așa se face că după decenii în care dezvoltarea lingvistică a fost dominată de metoda comparativă-istorică, de observație, inducție și generalizare, își fac loc tot mai mult, începînd din al doilea deceniu al secolului nostru, unele tendințe noi care, prin Ferdinand de Saussure în Europa și prin Leonard Bloomfield în America, încearcă să promoveze, în lingvistică, folosirea unor metode împrumutate din logică și din matematică. Se întreprinde o critică ascuțită a descrierilor date pînă atunci în fonologie și în gramatică. Această critică a atras atenția asupra punctelor slabe ale acestor descrieri și asupra necesității de a reconsidera noțiunile de bază ale lingvisticii.

Ansamblul de preocupări schițate mai sus și care domină dezvoltarea lingvisticii secolului nostru a primit numele de lingvistică structurală, deoarece ideea principală care apare în aceste preocupări este aceea că lingvistul trebuie să fie preocupat în primul rînd nu de *fenomenele de vorbire*, impregnate de nenumărați factori empirici și arbitrari, ci de *fenomenele de limbă*, obținute din primele printr-un proces de abstractizare și care se prezintă sub forma unor ansambluri de elemente dotate cu o anumită organizare, cu alte cuvinte sub forma unor structuri. Fenomenele de vorbire se află, în raport cu limba, în același raport în care se află diferitele execuții ale unei

simfonii față de această simfonie însăși ; într-o execuție particulară intervin diverși factori individuali și întîmplători legați de persoana executantului, de momentul executării, de calitatea instrumentului folosit etc., în timp ce simfonia însăși este ceea ce rămîne după înlăturarea factorilor accidentali, după înlăturarea variantelor și reținerea unei anumite invariante date de partitura simfoniei. Dar așa cum o simfonie nu se realizează, nu se transformă din ceva potențial în ceva real, decît prin diferitele ei execuții, tot așa limba nu este sesizată de noi pe cale directă, ci numai prin intermediul vorbirii, limba nu există decît prin vorbire. Vorbirea este un domeniu al faptelor direct observabile, în timp ce limba este un domeniu dedus din cel al vorbirii printr-un proces de abstractizare, de esențializare, de îndepărtare a variantelor și de reținere a invariantelor. Vorbirea este un domeniu al accidentalului și empiricului, limba este un domeniu al sistematicului, al organizării, al structurii. Dar și aici, ca și în alte domenii



ale cunoașterii, necesitatea se manifestă sub forma întîmplării, în timp ce aceasta din urmă este reglată de necesitate. Un exemplu elocvent relativ la deosebirea dintre

vorbire și limbă îl constituie raporturile dintre sunete și foneme. Sunetele vorbirii au un număr mare de proprietăți fizice, iar pronunțarea lor de către un vorbitor sau altul le imprimă o sumedenie de nuanțe individuale. Toate aceste particularități ale folosirii individuale a sunetelor constituie domeniul faptelor de vorbire. Trecînd de la vorbire la limbă, cercetătorii au elaborat un concept nou, acela de fonem, care nu mai coincide cu o realitate fizică, acustică, ci este rezultatul unui proces de abstractizare ; din ansamblul de trăsături fizice ale unui sunet, fonemul reține numai pe acelea care îndeplinesc o funcție lingvistică, deci care servesc la obținerea unei deosebiri de semnificație. De exemplu, în limba română caracterul unui sunet de a fi lung sau scurt nu îndeplinește o funcție lingvistică, deci nu intră ca o trăsătură a fonemelor limbii române, spre deosebire de limba germană, unde opoziția lung-scurt îndeplinește o funcție distinctivă. În schimb opoziția surd-sonor interesează fonemele limbii române, deoarece într-un cuvînt ca PARĂ înlocuirea trăsăturii de surditate a primului sunet prin trăsătura de sonoritate conduce la cuvîntul BARĂ, care are o semnificație diferită de aceea a lui PARĂ. Îndreptîndu-și atenția principală către fenomenele de limbă, lingvistica devenea din ce în ce mai obligată să împrumute logicii și matematicii unele tipuri de relații și structuri.

6. Modelarea matematică, metodă fundamentală în lingvistica modernă

Metoda modelării constă în studiul unui fenomen sau obiect A cu ajutorul altui fenomen sau obiect B, care se află față de A în următoarea situație contradictorie : B este suficient de asemănător cu A pentru ca concluziile obținute prin investigarea lui B să fie aplicabile în bună măsură și lui A ; în același timp, B este destul de diferit de A pentru ca să existe cel puțin o metodă de cercetare aplicabilă lui B, dar neaplicabilă lui A. Un exemplu elocvent în această privință îl constituie cazul în care A este organismul omenesc viu, iar B este un organism animal neuman. Asemănarea profundă existentă între aceste două

organisme nu împiedică existența unei metode de cercetare aplicabilă lui B, dar neaplicabilă lui A ; aceasta este metoda experimentală. În felul acesta, prin modelare, studiul organismului uman viu profită de roadele metodei experimentale, metodă incompatibilă cu natura obiectului studiat.

Tot așa se întîmplă și în lingvistică. Fenomenele de vorbire nu se pretează a fi studiate prin mijloace matematice, deoarece sînt manifestarea unei activități empirice, supuse multor fluctuații și multor factori întîmplători. Limba, ca sistem abstract dedus din examinarea vorbirii, nu mai prezintă aceste inconveniente, deși nici ea nu este într-atît purificată de elemente intuitive și descriptive, încît să poată fi studiată matematic. Lingvistica matematică s-a născut tocmai atunci cînd, pe baza cuceririlor dobîndite de lingvistica structurală, s-au putut elabora anumite construcții matematice care să modeleze unele fenomene de limbă și, prin intermediul acestora, chiar unele fenomene de vorbire. Vom da două exemple în acest sens.

În urmă cu vreo zece ani, savantul american Noam Chomsky a pus în evidență următoarea analogie : procesul de obținere a frazelor corecte dintr-o limbă naturală este izomorf (adică asemănător) cu procesul de obținere a teoremelor într-o teorie matematică ; ceea ce sînt regulile gramaticale pentru primul sînt regulile de demonstrație (adică de deducție) pentru cel de-al doilea, iar în rolul axiomelor dintr-o teorie matematică avem în gramatică anumite categorii care, contrar aparențelor, nu pot fi reduse la altele mai simple ; așa este, de exemplu, noțiunea de propoziție. Însă, după cum am văzut, conceptul riguros de demonstrație se încadrează în conceptul mai larg de sistem formal, introdus de Hilbert. De aici, ideea de a modela gramatica limbilor naturale cu ajutorul sistemelor formale din logica matematică. Pe de altă parte, teoria modernă a mașinilor matematice a elaborat un concept de mașină cu ajutorul căreia se poate obține o clasă largă de limbaje, așa-numita mașină Turing (după numele celui care a introdus-o). Nu putem da aici descrierea acestui concept. Vom spune doar că mașina Turing nu este o mașină fizică, ci un obiect matematic care reprezintă o idealizare a calculatoarelor electronice obișnuite (deși

acestea sînt ulterioare introducerii conceptului de mașină Turing). O mașină Turing dispune de o memorie infinită, în timp ce memoria unui calculator electronic — oricît de perfecționat ar fi acesta — este limitată. Dar — și acesta este poate lucrul cel mai important — mașina Turing constituie și un model al unor aspecte ale activității creierului omenesc. Gramatica este și ea un aspect al acestei activități. Noi nu cunoaștem mecanismul intim prin care elaborăm fraze corecte și prin care înțelegem fraze pe care nu le-am mai întîlnit niciodată (cu condiția ca ele să aparțină unei limbi naturale cu care sîntem familiarizați). Dar mașina Turing și, în particular, gramaticile introduse de Chomsky funcționează într-un mod ciclic, care permite ca pe baza unui număr finit de reguli să se genereze o infinitate de fraze.

Un alt exemplu de model matematic al limbii îl constituie cel introdus de savanții sovietici O. S. Kulagina, I. I. Revzin și V. A. Uspenski. Aici, spre deosebire de modelul lui Chomsky, nu se pleacă de la o gramatică, adică de la un anumit tip de mașină, ci de la o colecție C de fraze pe un anumit vocabular abstract și se introduc o seamă de relații care descriu diferitele raporturi între cuvinte, în cadrul frazelor. De reținut că nu se face apel la *sensul* cuvintelor, ci numai la *relațiile* dintre cuvinte. Noțiunea centrală aici este aceea de distribuție. Două cuvinte a și b au aceeași distribuție dacă, în orice frază din C care conține pe a, înlocuirea lui a prin b conduce la o frază din C și reciproc. Colecția C trebuie interpretată aici ca mulțimea frazelor corecte. Se poate arăta că, cu ajutorul noțiunii de distribuție, se pot modela matematic categorii gramaticale ca genul, cazul, partea de vorbire și anumite tipuri de relații sintactice, în special relația de dependență și cea de subordonare.

Unele modele matematice ale limbii sînt furnizate de teoria matematică a codurilor. Pentru a da un singur exemplu, ne vom referi la fenomenul de acord, care în limba română este deosebit de frecvent. După cum se știe, în limba română adjectivul se acordă după număr cu substantivul de care depinde, în timp ce în limba engleză nu există un asemenea acord. Aceste fapte pot fi mai bine înțelese în lumina teoriei codurilor, elaborată de Ham-

ming, teorie care prevede ca elementele de informație să fie totdeauna însoțite de elemente de control. Acordul este, în fapt, introducerea unui astfel de element de control; în expresia „case înaltă", absența acordului permite detectarea unei erori. Faptul că în limba engleză nu există acordul după număr al adjectivului cu substantivul arată că această limbă își distribuie altfel elementele de control. *Problema raportului dintre economia și redondanța (risipa) unui mesaj lingvistic apare astfel într-o lumină cu totul nouă.*

Modele matematice dintre cele mai interesante sînt furnizate lingvisticii de către teoria informației. Avem în vedere în special noțiunea de entropie. Această noțiune este binecunoscută din fizică, unde ea a fost introdusă de către Clausius în urmă cu aproximativ o sută de ani. În 1948, C. E. Shannon introduce un analog informațional al entropiei lui Clausius. Fiind dat un sistem susceptibil de n stări $A_1, A_2, \ldots, A_n$ și notînd cu P_i probabilitatea ca sistemul să se găsească în starea A_i $(1 \leqslant i \leqslant n)$, entropia informațională a sistemului este dată de expresia

$$-\sum_{i=1}^{n} P_i \log_2 P_i,$$

unde, după cum se vede, logaritmii sînt luați în baza 2. Denumirea de entropie este legitimă datorită asemănării expresiei de mai sus cu aceea a entropiei din fizică. Este important de reținut că, aici, entropia admite o interpretare informațională, fiind o măsură a gradului de nedeterminare pe care-l prezintă sistemul. Însă, cu cît gradul de nedeterminare este mai mare, cu atît cantitatea de informație furnizată de sistem este mai mare, deci entropia este aici o măsură a cantității de informație. Unitatea de măsură a cantității de informație este *bitul*, definit ca informația furnizată de un sistem susceptibil de două stări, acestea avînd aceeași probabilitate de apariție. Un exemplu tipic al unui astfel de sistem îl constituie o monedă cu cele două fețe ale ei. Precizarea uneia dintre aceste două fețe constituie o informație de un bit.

Limba îndeplinește o funcție de comunicare între oameni și, din acest punct de vedere, studiul ei din punctul de vedere al teoriei informației prezintă o deosebită im-

portanță. Pentru a ne referi la limba scrisă, putem concepe limba ca un sistem de litere și, presupunînd că am determinat probabilitatea de apariție a fiecărei litere, putem determina entropia limbii — concepută ca sistem de litere. Acest studiu a fost făcut și s-au găsit următoarele valori (în ordinea lor descrescătoare) : rusă 4,35 ; română 4,11 ; germană 4,10 ; engleză 4,03 ; spaniolă 4,01 ; franceză 3,98. Este important însă de semnalat că s-a introdus și o noțiune de „entropie de ordinul n", cu ajutorul căreia se poate măsura cantitatea de informație furnizată de un mesaj lingvistic atunci cînd se ține seamă nu numai de probabilitățile de apariție a literelor, ci și de probabilitățile de apariție a combinațiilor de 2, 3, 4 — sau n litere.

Pe această cale s-a putut determina „influența la distanță" a unei litere dintr-un text, constatîndu-se faptul surprinzător că o literă își exercită influența, în medie, pînă la a 30-a literă după ea, ceea ce depășește mult influența direct observabilă. Noțiunea de „entropie de ordinul n" este ca un microscop puternic, care ne permite să detectăm nuanțe care scapă observației directe.

De o deosebită fecunditate s-a dovedit a fi noțiunea de entropie în studiul limbajului poetic. Întreaga problematică a versificației, prin constrîngerile de ordin formal pe care ea le impune, apare astfel într-o lumină cu totul nouă.

7. O școală românească de lingvistică matematică

În ultimii ani, în domeniul lingvisticii matematice s-a dezvoltat o întreagă școală românească de cercetare, în special în ceea ce privește cercetarea structurii limbilor naturale cu ajutorul algebrei, logicii matematice, teoriei mulțimilor, teoriei probabilităților și teoriei informației. De mai mulți ani se predau la facultățile de matematică din București și Iași, precum și la facultățile de filologie din București, Cluj, Iași și Timișoara, cursuri de lingvistică matematică. Există, pe lîngă Academia R. S. România, o comisie de lingvistică matematică (sub conducerea acad. E. Petrovici, președinte, și a acad. Al. Rosetti și

acad. Gr. Moisil, vicepreşedinţi) menită să coordoneze activitatea în acest domeniu. O revistă specială de lingvistică matematică şi structurală publicată în limba franceză „Cahiers de linguistique théorique et appliquée" urmează să publice în curînd cel de-al patrulea număr. Există cîteva cărţi de lingvistică matematică publicate în limba română (monografii, manuale, cărţi de popularizare). În acest climat, un număr de cercetători şi de absolvenţi merituoşi ai Universităţii şi-au concentrat activitatea în domeniul lingvisticii matematice, iar unii dintre ei îşi pregătesc acum doctoratul în lingvistica matematică. În ultimii ani s-au organizat mai multe colocvii de lingvistică matematică (unele la Bucureşti, altele la Cluj) cu participare internaţională. Există astăzi în Republica Socialistă România cercetători în toate domeniile lingvisticii matematice, de la studiul limbii cu ajutorul teoriei probabilităţilor şi al teoriei informaţiei (A. Stan şi I. Stan, cercetători din Cluj, au abordat, pe această cale, problema paternităţii unui text românesc controversat, poemul „Cîntarea României") pînă la traducerea dintr-o limbă în alta cu ajutorul calculatoarelor electronice (domeniu în care s-au făcut, sub conducerea acad. prof. Gr. Moisil, primele experienţe de traducere automată din engleză în română, de către E. Nistor, iar la Cluj se studiază algoritmul de traducere din rusă în română şi din maghiară în română). În cadrul Centrului de cercetări fonetice şi dialectale, lingvistul E. Vasiliu a reuşit să formeze o şcoală românească de gramatică transformaţională (pe linia cercetărilor iniţiate de N. Chomsky), care elaborează acum o „Gramatică transformaţională a limbii române". În cadrul Institutului de lingvistică al Academiei se iniţiază acum cercetări pentru alcătuirea unui dicţionar de frecvenţă al limbii române, datorită căruia vom cunoaşte probabilitatea cuvintelor în limba română). Nu puţine sînt cercetările în domeniul statisticii lingvistice şi al aplicării teoriei informaţiei (prof. E. Nicolau, Al. Roceric etc.). Acad. Gr. Moisil a dat, într-un ciclu de articole, o prezentare a unei gramatici mecanice a limbii române, prezentare care a avut un deosebit ecou printre lingvişti şi a fost deja folosită în alcătuirea algoritmului de traducere englez-român. O direcţie interesantă de dezvoltare a lingvisticii matematice româneşti este aceea a

lingvisticii algebrice, care-şi propune să construiască modele ale limbii cu ajutorul algebrei şi al logicii matematice. Lingvistica algebrică s-a dezvoltat, în ţara noastră, în special în direcţia aprofundării naturii algebrice a principalelor modele propuse în literatură pentru categoriile gramaticale fundamentale. Ana Burghelea a reuşit să încadreze calculul tipurilor sintactice, al lui Lambek, în tiparele teoriei categoriilor, cea mai recentă ramură a algebrei moderne. C. Crăciun, E. Marcu şi C. Raischi au studiat diferite extensiuni ale conceptului de categorie gramaticală, introdus de Dobruşin. C. Cîşlaru a aplicat teoria grafurilor pentru a descrie grupurile consonantice finale din limba română. S. Abraham a introdus un nou tip de gramatici, gramaticile matriciale, care generalizează aşa-numitele gramatici „context-free" introduse de Chomsky. Al. Dincă a obţinut rezultate interesante în analiza contextuală metrică, iar Gabriel Orman a stabilit noi proprietăţi algebrice ale opoziţiilor lingvistice. În cîteva cărţi recente, dintre care una publicată în S.U.A. (Algebric Linguistics : Analytic Models. Academic Press, New York, 1967), S. Marcus a studiat în special acele modele matematice ale limbilor în care punctul de plecare îl constituie nu o gramatică, ci o colecţie de fraze.

De curînd, acad. Octav Onicescu, şeful şcolii româneşti de teoria probabilităţilor, a introdus o noţiune nouă, care pare a avea o deosebită semnificaţie lingvistică ; este vorba de *energia informaţională*. Aşa cum am văzut, în „teoria informaţiei" una dintre noţiunile de bază este aceea de entropie informaţională, introdusă după modelul noţiunii de entropie din termodinamică. Noţiunea de entropie informaţională şi-a dovedit deja de mai mulţi ani deosebita ei semnificaţie lingvistică ; cu ajutorul ei se măsoară gradul de nedeterminare, de imprevizibilitate pe care-l prezintă un text. Acad. O. Onicescu a introdus în teoria informaţiei, sub denumirea de energie informaţională, un analog al unei alte noţiuni de bază din fizică, aceea de energie cinetică, reuşind să arate că relaţiile dintre entropia şi energia informaţională sînt asemănătoare relaţiilor dintre entropie şi energia cinetică din termodinamică. Studiind cu ajutorul energiei informaţionale unele poezii ale celui mai

de seamă poet român, Mihai Eminescu, autorul acestor rînduri a constatat că energia informațională constituie o măsură destul de fină a gradului de vivacitate — sau de relaxare — pe care-l prezintă o poezie. Această măsură apare ca o caracteristică globală, statică, a unui poem, spre deosebire de entropia informațională, care se referă la aspectul dinamic, de proces, al unui text.

Există toate condițiile pentru ca lingvistica matematică să se dezvolte din ce în ce mai impetuos în Republica Socialistă România.

■ ■ ■

LIMBA-INTERMEDIAR

Ați auzit vreodată denumiri ca esperanto, ido, interlingva, volaküpu **și altele ? Sînt denumirile unor limbi artificiale, simplificate. Gramatica limbii esperanto, de pildă, este foarte simplă, neavînd decît 16 reguli. Asemenea limbi au fost create în diferite epoci. În prezent însă ele au o importanță secundară.**

Astăzi e un lucru stabilit că scopurile practice necesită o limbă-intermediar. **În loc să se procedeze la elaborarea multiplelor programe pentru traducere din fiecare limbă în fiecare limbă, este mult mai rentabil să alegi o singură limbă și mai întîi să traduci din orice limbă în cea aleasă ca limbă-intermediar, iar mai tîrziu în orice altă limbă. Nu este însă vorba de** esperanto **sau o altă limbă de acest fel, ci de o limbă-intermediar specială, adaptabilă mașinilor.**

Calitățile limbii-intermediar pot fi diferite în raport cu obiectivele pentru care ea este creată. Totuși ne putem face o idee cu privire la caracteristicile unei asemenea limbi.

Ați observat cum se întocmește, de exemplu, clasificația zecimală în biblioteci ? Tematica unei cărți poate fi extrem de variată. Dar bibliograful experimentat imediat o va exprima precis printr-un cifru și cartea va nimeri pe același raft cu altele care tratează aceeași temă. Întreaga literatură se împarte în 10 compartimente, fiecare compartiment în alte 10, acestea din urmă în alte 10 ș.a.m.d. De exemplu, dacă cifrul unei cărți este 3 524, înseamnă că această carte face parte din compartimentul 3, subcompartimentul 5, grupa a doua etc. Și doar fiecare cuvînt are și el „tema" sa, astfel încît poate constitui împreună cu alte cuvinte înrudite un grup. Din aceste grupuri se vor întocmi compartimente și subcompartimente. După locul claselor de noțiuni se va putea stabili înțelesul noțiunii — cuvîntul. Limba mecanică nu va cunoaște tradiționalele „excepții de la regulă", iar regulile în-

seşi vor deveni logice, precise şi succinte.

Nu se pot determina încă formele concrete ale viitoarei limbi care va servi de intermediar. Problema elaborării unei asemenea limbi-intermediar preocupă în prezent pe toţi teoreticienii şi practicienii traducerilor mecanice. Un grup de lingvişti sovietici au imaginat o limbă-intermediar sub formă de reţea de corespondenţe dintre elementele tuturor limbilor, plecînd de la formele lingvistice logice.

Alţi lingvişti au întocmit o limbă-intermediar care, după structura ei, se apropie de limbile vii. S-a creat chiar modelul unei asemenea limbi. Despre raporturile dintre această limbă şi limba reală ne putem face o idee într-o oarecare măsură confruntînd maniera expunerii textelor scrise cu vorbirea.

Se presupune că crearea limbii-intermediar nu va fi utilă numai pentru traducerile efectuate cu ajutorul maşinilor. Limba-intermediar va influenţa şi asupra unei serii de probleme teoretice ale lingvisticii, iar cu timpul va influenţa şi limba „naturală".

O eventuală îmbunătăţire treptată a limbii vorbite şi a regulilor ei va îmbunătăţi şi felul nostru de a ne folosi de limbă în activitatea intelectuală şi în raporturile dintre noi. Cu alte cuvinte, se va disciplina limba. Elevii care vor trece de la lecţia de limbă maternă la lecţia de matematică nu vor simţi lipsa completă de legătură dintre aceste două discipline şcolare.

Oamenii vor crea limbi noi. Acele limbi vor fi limbile maşinilor.

Pînă în prezent s-au elaborat diverse sisteme lingvistice în care informaţiile se scriu într-un limbaj cît mai apropiat de limbajul utilizat curent în matematică. Un astfel de limbaj este şi ALGOL, prescurtare de la ALGOritmic Language.

În literatura de specialitate sînt prezentate şi alte numeroase tipuri de limbaje care servesc la programarea automată. Amintim dintre ele COBOL, un limbaj creat pentru scrierea cît mai comodă a programelor privind efectuarea calculelor care intervin în economie, UNICODE, IT (Internal Translator), FORTRAN (FORmula TRANslator), FORTRANSIT ş.a., prin translator înţelegîndu-se un sistem care traduce programul scris simbolic într-unul din aceste limbaje într-un program scris în limba maşinii.

Adoptarea unei limbi-intermediar pe plan internaţional reprezintă un mare pas înainte pe calea cooperării ştiinţifice.

GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ (1646—1716)

Savant german cu preocupări enciclopedice, matematician şi, într-un sens, precursor al logicii matematice, filozof, adept al idealismului obiectiv şi unul dintre întemeietorii iluminismului

german, Leibniz s-a născut la Leipzig la 1 iulie 1646. Tatăl său era profesor de filozofie morală la Universitatea din Leipzig.

Înzestrat cu o gîndire profundă, și-a făcut studiile la universitățile din Leipzig și Jena, obținînd în 1664 titlul de magister în filozofie cu lucrarea „Eseu cu privire la problemele filozofice din domeniul dreptului". În perioada 1664—1666 (la vîrsta de 18—20 de ani) Leibniz publică lucrări juridice și prima sa lucrare matematică, „Disertație asupra artei combinatorii" și își susține disertația pentru titlul de licențiat și doctor în drept la Altdorf pe tema „Considerațiuni primare asupra cazurilor confuze în drept", dar nu îmbrățișează activitatea didactică, preferînd, pentru a-și putea continua în condiții mai bune studiile și cercetările sale științifice, să intre în serviciul principelui de Mainz (1668), iar mai tîrziu (1676) în serviciul ducelui Hannover (ca bibliotecar). În toată această perioadă el desfășoară o activitate științifică la Paris, Londra (unde este ales și membru al Societății regale), vizitează Italia, Austria.

În 1700 a fost ales membru al Academiei de Științe din Paris, iar de la 1712 la 1714 a trăit la Viena.

În tot acest timp, Leibniz a desfășurat o bogată activitate științifică, literară și politică : el a fost fondatorul și primul președinte al Academiei de Științe din Berlin (a cărei activitate o concepea în strînsă legătură cu producția, pe care să o stimuleze), a susținut necesitatea răspîndirii cunoștințelor științifice, a promovat idei juridice progresiste, a militat pentru unitatea națională a germanilor, a purtat o vastă corespondență cu mulți savanți și oameni de seamă ai timpului.

În ceea ce privește concepțiile sale filozofice și personalitatea sa științifică în general, Leibniz era un exponent al intereselor progresiste ale burgheziei germane.

În pofida fundamentului idealist al concepției sale despre lume, Leibniz a susținut atît în filozofie, cît și în știință *principiul continuității*, care a constituit una din primele formulări ale noii filozofii asupra principiului dezvoltării.

În multe probleme ale științelor naturii, Leibniz a anticipat importante descoperiri științifice ulterioare : în geologie a susținut ideea că pămîntul își are istoria sa, referindu-se chiar la posibilitatea de a fi găsite diferite rămășițe de plante și animale adînc îngropate în pămînt ; în biologie a apărat pozițiile evoluționismului, înțelegîndu-l însă mecanic, ca o dezvoltare și ca o schimbare a unor germeni preexistenți ; a îndreptat părerea eronată a lui Descartes asupra animalelor, recunoscîndu-le capacitatea de a avea senzații. Manifestînd un interes deosebit de viu față de problemele tehnicii, Leibniz a emis ideea folosirii cilindrului cu piston și a perfecționat mașina de calcul a lui Blaise Pascal etc.

Leibniz a încercat să creeze un calcul logic, o logică bazată pe utilizarea simbolurilor, fiind un precursor al logicii matematice. Meritele lui Leibniz în această direcție ne apar cu atît mai mari astăzi dacă ținem seama de faptul că această disciplină

oferă premisele teoretice pentru rezolvarea operativă a proceselor logice complicate. Crearea calculatoarelor electronice ar fi fost de neconceput fără apariția și dezvoltarea logicii matematice. Principalele tendințe ale logicii lui Leibniz o constituie formalizarea logicii, apropierea ei de calcul, precizarea și perfecționarea simbolisticii logice, introducerea în logică a ideilor analizei combinatorii. În domeniul matematicii, Leibniz are merite deosebite, elaborînd în același timp cu Newton, dar independent de el, calculul diferențial și integral, de mare importanță pentru dezvoltarea ulterioară a matematicii și fizicii. Studiind „Geometria" lui Descartes și lucrările lui B. Cavalieri, Blaise Pascal, Merkator și Huyghens, Leibniz s-a ocupat el însuși de calculul mărimilor infinitezimale, în care a văzut un instrument important pentru elaborarea problemelor fizicii, reunind diferite metode particulare și disparate într-un sistem unitar al analizei bazat pe noțiuni strîns legate între ele exprimate în semne convenționale și permițînd efectuarea de operații cu mărimi infinitezimale după regulile unui anumit algoritm.

Leibniz a dat definițiile fundamentale ale noțiunilor de diferențială și integrală, a arătat raporturile dintre aceste noțiuni și a descris mecanismul integrării grafice aproximative. Simbolurile matematice introduse de el în calculul diferențial și integral se folosesc și astăzi. Aceasta, împreună cu inventarea de către el a mașinii de calcul, ne dă dreptul să-l considerăm drept unul dintre premergătorii „matematicii mașiniste" moderne. Lucrările lui Leibniz au pus bazele dezvoltării ulterioare a analizei, la elaborarea căreia au colaborat alături de el discipolii săi I. și J. Bernoulli, L'Hôpital și alții.

În domeniul fizicii, Leibniz a introdus noțiunea de *forță vie* (mv^2) ca măsură a mișcării mecanice, diferită de cea de *cantitate de mișcare* (mv). Datorită în mare măsură lui Leibniz, principiile mecanice au fost generalizate și îmbinate cu o nouă matematică. Această îmbinare s-a dovedit mai tîrziu un mijloc eficace pentru rezolvarea problemelor mai complexe care s-au pus în diferitele ramuri ale fizicii, în special la studiul electricității și al căldurii.

Un loc important în multilaterala activitate științifică a lui Leibniz l-au ocupat problemele lingvisticii. Rupînd cu tradiția existentă în timpul său în lumea științifică și care considera că singura limbă științifică este latina, Leibniz a publicat multe din lucrările sale în limba germană, punînd temelia creării limbii literare germane. El dă o clasificare a limbilor din care rezultă tangența istorică a unei serii de limbi (de exemplu, a celor germanice și slave, a limbii fineze și ungare, a limbilor de origine turcă), anticipînd prin aceasta realizările dobîndite ulterior de știință. Nici pînă azi nu și-au pierdut semnificația și interesul ideile lui Leibniz cu privire la natura diferitelor nume și denumiri.

Savantul german cu preocupări enciclopedice Gottfried Wilhelm Leibniz se stinge din viață în 1716.

SIMION STOILOV (1887—1961)

Intelectual progresist și patriot înflăcărat, maestru recunoscut al școlii matematice românești, Simion Stoilov s-a născut la București la 2 (14) septembrie 1887. Tatăl său, colonelul Stoilov, provenea dintr-o familie refugiată în țara noastră din Serbia, iar mama sa era originară din Craiova. A urmat școala primară la Craiova. Orfan de tată de la vîrsta de 13 ani, și-a continuat studiile secundare în aceeași localitate în condiții destul de grele. După absolvirea liceului, în 1907, reușește să plece la Paris, unde a urmat cursurile Facultății de științe. Student foarte înzestrat, și-a luat licența în matematică la Sorbona în 1910. Tot în 1910 și-a susținut și teza de doctorat cu subiectul „Sur une classe de fonctions de deux variables definies par les equations linéaires aux dérivées partielles", în care se referă la problema singularităților ecuațiilor liniare cu derivate parțiale de ordinul *n*. Primele sale cercetări în acest domeniu ilustrează o gîndire matematică originală și profundă, care-l face remarcat de cercurile matematice din Paris. După obținerea titlului de doctor, participă ca ofițer de geniu la războiul din 1916—1918, la început în Dobrogea, apoi în Moldova. După război, timp de peste 45 de ani, desfășoară o activitate susținută în învățămîntul superior, unde a parcurs diferite trepte ale muncii didactice, luptînd neîncetat pentru înnoirea, pentru modernizarea învățămîntului superior matematic.

În 1936 Stoilov a fost ales membru corespondent al Academiei Române, în 1945 membru al Academiei, iar ulterior, membru în prezidiul Academiei ; a fost, de asemenea, membru al Societății române de matematici, al Societății matematice franceze, membru de onoare al Societății matematice a Belgiei, precum și în comitetul de redacție al revistei „Composito mathematica" din Amsterdam.

Organizator de frunte al cercetării științifice din domeniul matematicii din țara noastră, Stoilov a elaborat peste 60 de lucrări remarcabile în domeniul teoriei ecuațiilor cu derivate parțiale în variabile complexe, al teoriei generale a funcțiilor de variabile reale și complexe, al teoriei suprafețelor riemanniene. Se poate spune că Simion Stoilov a făurit o nouă ramură a matematicii : teoria topologică a funcțiilor analitice. El a dat pentru prima oară o caracteristică topologică funcțiilor de o variabilă complexă, folosind ca instrument principal de cercetare noțiunea de „transformare interioară", introdusă de el în știință. Aprofundînd această linie de cercetare, academicianul Simion Stoilov ajunge la rezultate deosebit de importante, recunoscute, de pildă, prin denumirea, unanim acceptată azi în știință, dată unei noțiuni ca „frontiera Kérekjarto-Stoilov", care joacă un rol de bază în teoria modernă a suprafețelor riemanniene.

Lucrările publicate de Simion Stoilov au privire la teoria funcțiilor analitice de o variabilă complexă, domeniu modern în care a introdus concepte noi și a obținut rezultate fundamentale și definitive, au devenit azi clasice, fiind citate în mod curent în tratate de specialitate și larg utilizate de toți specialiștii care fac cercetări în problema amintită.

Ca o încoronare a muncii sale științifice, tratatul fundamental al academicianului Simion Stoilov, „Teoria funcțiilor de o variabilă complexă", a fost distins cu Premiul de Stat.

Recunoscut peste hotare ca specialist în teoria topologică a funcțiilor, a fost invitat să țină conferințe cu teme din domeniul cercetărilor sale la numeroase congrese și alte manifestări științifice internaționale.

În calitate de director, Simion Stoilov a desfășurat o activitate rodnică la Institutul de matematică al Academiei, unde a organizat un seminar de topologie a funcțiilor analitice — seminarul „Stoilov".

Academicianul profesor Simion Stoilov a fost însă nu numai un eminent pedagog și un mare om de știință, ci în același timp un adevărat patriot, o personalitate a vieții publice din patria noastră. Pentru a sublinia personalitatea de savant și patriot a lui Stoilov, este suficient să ne amintim că el a fost unul din principalii semnatari ai memoriului prin care, din inițiativa P.C.R., cadrele universitare patriotice au cerut în 1944 ieșirea României din criminalul război fascist.

Pe lîngă activitatea științifică, Simion Stoilov a desfășurat după 23 August 1944 o vastă activitate obștească. Membru al P.C.R., Stoilov a fost deputat în Marea Adunare Națională, a fost ministru plenipotențiar al țării noastre la Paris în perioada 1946—1948 și rector al Universității din București în perioada 1948—1951.

Simion Stoilov a încetat din viață în vîrstă de 74 de ani, la 4 aprilie 1961, în urma unei congestii cerebrale. Înzestrat cu o logică de o mare finețe, Simion Stoilov a creat o operă sobră și virtuoasă, care a dus mai departe faima școlii românești de matematici.

Arhitectura şi ştiinţa

Dr. arh.
MIHAIL CAFFÉ

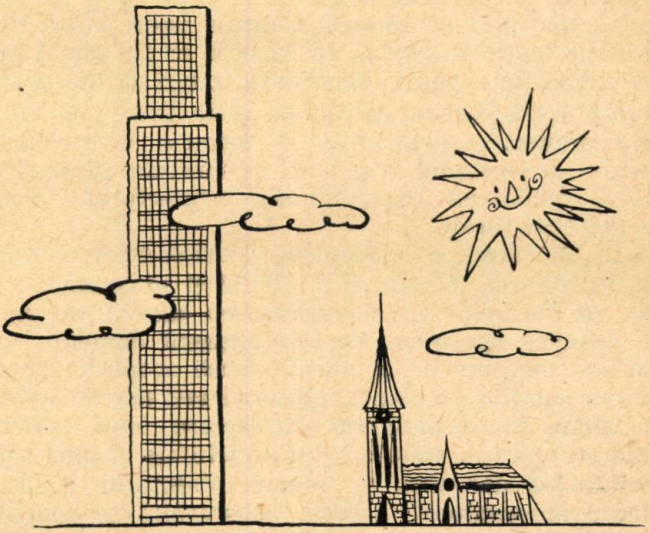
Disciplină tehnică, dar şi de imaginaţie şi efect artistic, intrînd deopotrivă în sfera culturii materiale ca şi în cea a culturii spirituale a unui popor sau a unei orînduiri istorice, arhitectura reprezintă cadrul artificial realizat de om pentru a sustrage mediului natural activităţile sale. Avînd o origine istorică evident utilitară, aceea de adăpost, arhitectura depăşeşte prin funcţiune şi realizare simpla fabricaţie a unui obiect de utilitate. Comuna primitivă, dar mai ales societatea sclavagistă au descoperit marile valenţe artistic-emoţionale ale obiectului arhitectural, realizînd edificii a căror funcţie esenţială depăşeşte sfera utilitarului, fiind în primul rînd funcţie ideologică. Templul şi piramida egipteană, palatele-cetăţi ale despoţilor lumii asiro-babiloneene, sanctuarele şi templele antichităţii greco-romane reprezintă formele majore în care arhitectura apare în primul rînd sub aspectul operei de artă, cu funcţie spirituală predominantă ; în aceste condiţii, ea trebuie să convingă, să impresioneze ; oamenii realizau minuni de virtuozitate constructivă şi de armonie artistică pentru a slăvi puterea zeilor sau a monarhilor. În umbra acestei

mari arhitecturi s-a dezvoltat creaţia spontană şi modestă în mijloace materiale a arhitecturii populare. Perisabilă şi măruntă, ea nu ne-a lăsat monumente originale ce ar putea concura ca vechime cu marile temple ale Egiptului, dar, fiind legată de viaţa omului, s-a păstrat în tradiţii şi a evoluat sub presiunea progresului social. Săpăturile arheologice au arătat că există înrudiri evidente între locuinţele tradiţionale ale felahilor contemporani cu cele ale strămoşilor lor din valea Nilului. După cum casele dacilor, reproduse pe Columna lui Traian sau descoperite sub formă de ruine în săpăturile recente, nu difereau mult de casele ţăranilor din regiunile muntoase ale ţării noastre.

Fiind în primul rînd o disciplină a cărei realizare necesită mari eforturi economice şi o organizare complexă a procesului de construcţie, arhitectura a continuat pînă în zilele noastre să se desfăşoare pe mai multe planuri sociale paralele. Operele cele mai trainice şi cu valoare de jaloane istorice au fost cele ridicate de clasele avute sau de instituţiile dominante. Evul mediu şi-a concentrat întreaga sa energie creatoare şi materială în catedralele romanice şi gotice, în castelele fortificate ale feudalilor, în clădirile orăşeneşti ale breslelor sau primăriilor. Pe măsură ce nevoile şi cunoştinţele tehnice ale societăţii devin mai complexe, arhitectura se îmbogăţeşte cu noi rezolvări ale spaţiului acoperit, cu noi forme, procedee constructive, cu noi viziuni ale plasticii volumelor şi decoraţiei. Romanii au reprodus în decor coloanele şi frontoanele grecilor fără a le spori valoarea artistică, preocuparea lor a fost de a găsi noi sisteme de construcţie care să le permită realizarea acelor edificii grandioase necesare marelui lor imperiu, cum erau circurile şi amfiteatrele, termele şi viaductele, arcurile de triumf şi podurile.

Ei au dezvoltat sistemul de boltire preluat din arhitectura orientală, pe care grecii, constructori artişti ai pietrei, aproape că l-au ignorat. Cupola Panteonului, bolţile bazilicii lui Maxenţiu sau termele lui Caracala sînt marile mărturii ale unei concepţii spaţiale de amploare, realizate cu o structură nouă — bolta de beton — adecvată organizării romane. Evul mediu, în special în perioada lui tîrzie, a inventat arcul şi bolţile ogivale datorită dezvol-

tării libertăților orășenești. Structura gotică este opera unor minți cercetătoare și inventive, ca și a unor meseriași plini de abilitate ; ea este uneori dedicată unor idei



mistic-religioase, dar de fapt polarizează un mare efort popular, acela de a înălța în centrul orașului un simbol al unei noi forme sociale, ce se opune feudalității. Mulți cercetători ai arhitecturii consideră, și nu fără oarecare dreptate, că de la catedralele gotice pînă la apariția betonului armat și a scheletului metalic, arhitectura a bătut pasul pe loc. Atît Renașterea cît și arhitecturile clasicizante ale secolelor XVIII și XIX nu au făcut decît să manipuleze structuri și decoruri ale altor epoci, realizînd evidente progrese sub raportul perfecțiunii artistice, dar de fapt în limitele acelorași formule spațiale pe care antichitatea și evul mediu le puseseră în circulație. Marea valoare a arhitecturii Renașterii este cea a amplorii monumentale și a compunerii ei pe scheme clare și foarte echilibrate. Palatele florentine sau cele venețiene, vilele sau bisericile romane sînt modele de virtuozitate mai ales în ce privește detaliul și decorul arhitectural. În această

etapă, care începe cu Renașterea și se termină cu stilurile academice ale sfîrșitului secolului al XIX-lea, barocul, cu bolțile și cupolele sale, cu mișcarea neașteptată a decorului și mai ales a spațiului, reprezintă un fenomen izolat, dar plin de interes. Contrar unor păreri de oarecare circulație în trecut, că barocul ar fi doar o perioadă de virtuozitate goală, decadentă, mulți arhitecți contemporani așază barocul alături de gotic, între marile curente care prevestesc principiile și formele arhitecturii moderne : dinamismul, vigoarea și fantezia plastică a spațiilor, realizarea expresivității arhitecturale prin elemente structurale.

În tot cursul evoluției sale istorice arhitectura profită de dezvoltarea tehnicii și a științei și se constituie tot mai clar ca disciplină independentă, cu metode de gîndire și de creștere specifice. Ea îmbrățișează domenii tot mai variate, mergînd de la marile spații acoperite pentru reunirea maselor de oameni (biserici sau săli de sport), pînă la cabina de transatlantic sau carcasa unui televizor. O dată cu apariția orașelor, din antichitate și pînă azi, arhitectura s-a dezvoltat pe planul obiectului izolat și pe planul ansamblului ; treptat urbanismul se constituie ca o disciplină independentă, devenind obiectul unei pregătiri speciale. Urbanismul este arhitectura orașului ; societatea contemporană, care este orășenească din ce în ce mai mult, reprezintă și în arhitectură o cotitură tot mai pronunțată spre latura urbanistică. Acest lucru se datorește faptului că aproape pretutindeni vechile forme de alcătuire a orașelor și cuprinderea lor materială sînt depășite și apar necesare restructurări masive și dezvoltări foarte rapide.

O altă trăsătură a arhitecturii contemporane este tendința de a lega procesul constructiv de fabricația industrială. Sistemul meșteșugăresc, manual, a rămas dominant în arhitectură pînă tîrziu față de alte activități umane ; aceasta a conferit, de altfel, multă vreme arhitecturii valori artistice din domeniul artelor plastice manufacturale. Volumul și ritmurile construcției moderne aduc materiale și procedee noi, cu specific de producție industrială : gama de posibilități, atît în rezolvările spațiale cît și în cele funcționale și decorative, este lărgită datorită mate-

rialelor noi, ușoare și rezistente, tehnicilor noi de iluminare și aerisire artificială, circulațiilor mecanice rapide. În fine, ceea ce de fapt e cel mai important, viața modernă aduce noi funcțiuni și schimbă radical concepțiile despre o serie de tipuri de clădiri, cum ar fi locuința, teatrul, școala, necesitînd în același timp inventarea unor soluții pentru funcțiuni specifice care nu au antecedente în istorie, cum sînt cinematograful, aerogara sau uzina.

Condiție și în același timp corolar al vieții sociale, arhitectura reprezintă, prin urmare, acea lume înconjurătoare creată de om în opoziție cu natura, în care spațiile cu destinație utilă (materială sau spirituală) se exprimă în forme vizuale ce depășesc utilitarul, constituind valori estetice. Arhitectura pornește întotdeauna de la necesitatea realizării constructive cu elemente ce țin de sfera producției materiale și aceasta o leagă de științele tehnice ; în același timp, ea are o valoare ideală prin latura ei artistică, opera de arhitectură devenind în final un complex de forme compuse după legi ale armoniei și proporționării.

Dificultatea definirii arhitecturii în cadrul diferitelor discipline a apărut de mult ; la întrebarea dacă este o artă sau o știință, unii teoreticieni răspundeau cu un paradox : „nu e nici una, nici cealaltă, este și una și alta". Evident că participarea la două domenii atît de diferite nu conferă arhitecturii calitatea de disciplină de frontieră. Aceasta se aplică, precum se știe, în special în domeniul științific ; ar fi cu siguranță exagerat să extindem noțiunea de frontieră științifică asupra arhitecturii. Totuși elaborarea operei de arhitectură se desfășoară într-o corelație foarte strînsă cu rezultatele celor mai diverse domenii ale științei. În perioade îndepărtate, cum au fost antichitatea sau Renașterea, la un nivel redus de dezvoltare a diviziunii sociale a muncii, arhitectul era, de multe ori, un specialist polivalent al aproape tuturor disciplinelor tehnice. Cărțile lui Vitruviu, cele mai vechi texte ale arhitecturii, conțin nu numai indicații despre alcătuirea edificiilor, dar și elemente de igienă și edilitate.

Răspunzînd unor comandamente sociale, arhitectura tuturor timpurilor și-a pus — conștient sau spontan —

sarcina de a studia şi rezolva formele spaţiale ale activităţii sociale. Fundamentarea sociologică a programelor, apărută încă rudimentar la Vitruviu, cunoaşte în zilele noastre o dezvoltare deosebită. Pretutindeni aproape, arhitecţii recurg la datele furnizate de sociologi, participă efectiv la cercetarea socială pentru a stabili gradul de corespondenţă între viaţa oamenilor, aspiraţiile lor şi mediul artificial pe care-l realizează prin arhitectură şi urbanism. Determinarea economică a faptului arhitectural de la idee pînă la realizare, în special pe planul ansamblurilor, caracteristică epocii contemporane, a adus în orizontul de investigaţie al arhitectului nevoia de a cunoaşte nu numai formele existenţei sociale, dar şi conţinutul intim, relaţiile economice care determină nevoi şi posibilităţi de realizare. Urbanistul — care este întîi arhitect — nu poate imagina nici o schiţă de sistematizare, nu poate determina conturul unei localităţi, zonele şi reţeaua ei de circulaţie fără studierea ştiinţifică a dezvoltării economice, a profilului industrial, a mişcării populaţiei etc. Complexitatea acestor aspecte face necesar ca această activitate să polarizeze într-o echipă specialişti foarte diverşi, pe care arhitectul urbanist trebuie pînă la urmă să-i coordoneze. Urbanismul, adus astfel pe primul plan al relaţiilor ştiinţifice, implică nu numai studierea fenomenelor sociale, dar şi studierea şi interpretarea a numeroase date ale ştiinţelor naturii. Dintotdeauna, oamenii, cînd şi-au alcătuit aşezări, au întemeiat cetăţi sau oraşe, s-au ghidat cu bun-simţ după condiţiile favorabile ale mediului natural. Ce exemplu poate fi mai vast şi mai convingător decît uriaşa dezvoltare a civilizaţiilor mediteraneene, care au dezvoltat oraşe şi state într-una din zonele naturale cele mai prielnice ! Nevoia de a recurge la date ştiinţifice pentru orientarea de perspectivă a dezvoltării urbane este însă o trăsătură a timpurilor moderne. Dezvoltarea industriei şi amplificarea cadrului artificial fac ca simpla orientare spontană, de bun-simţ, a ferestrelor după soare, a acoperişurilor după vînt, a străzilor după înclinarea terenului să nu fie suficientă. De la alegerea amplasamentului unui nou oraş, determinată de studierea dezvoltării forţelor de producţie împreună cu condiţiile naturale (foraje, prospectări etc.), pînă la schi-

țarea unui detaliu de microraion, activitatea urbanistului reprezintă o continuă confruntare a disciplinelor celor mai diverse.

Așa cum este azi evident că arhitectura societății contemporane este în primul rînd urbanismul, tot astfel devine clar că în cadrul acestuia trebuie să intervină datele cele mai recente, diferitele științe ale omului și societății, ca și științele naturii. Dezvoltarea aglomerărilor moderne, cu concentrația lor de industrii, cu traficul tot mai intens și mai rapid, cu densitatea crescîndă a locuirii teritoriului reprezintă un evident progres sub latura tehnică-edilitară, aducînd în viața oamenilor elemente de confort material și de cultură. Dar, în același timp, dezvoltarea necontrolată și nemăsurată a orașului a făcut să apară numeroase și tot mai grave aspecte dăunătoare sănătății și activității normale a omului. Aglomerația, atmosfera poluată de fum și gaze toxice emanate de automobile și industrii, zgomotul și trepidațiile au condus la extinderea unor maladii, au făcut să apară consecințe grave sub aspectul dezvoltării fizice și psihice. Asemenea ucenicului vrăjitor, omul contemporan care a inventat marele oraș a apărut la un moment dat și în postura de victimă a unui monstru. Literaturi de tot felul au tras semnalul acestei primejdii și mulți teoreticieni ai idilismului rural au formulat concluzia reîntoarcerii la viața cîmpenească. Așa s-au născut în secolul trecut orașele-grădină din Anglia și, mai aproape de zilele noastre, orașele-satelit — localități de 50 000—60 000 de locuitori grupați în jurul marilor aglomerații pe o rază de cîteva zeci de kilometri. Soluției retrograde și practic nerealizabile a idilismului rustic, savanții moderni i-au opus cercetarea științifică și căutarea unor căi adecvate tehnicii moderne de eliminare a nocivităților urbane, fără a desființa noțiunea de oraș. Concluziile specialiștilor dau urbanismului modern jaloanele și criteriile verificărilor, organizării unităților structurale ; urbanistul nu se poate lipsi de concluziile pedagogilor și sociologilor în determinarea rețelelor de dotări pentru educație și cultură ; în fine, pentru rezolvarea complicatelor probleme ale circulației moderne în orașe, apare necesar să se recurgă la modele matematice și la determinarea rețelelor stradale și a fluxurilor nece-

sare prin metode de calcul matematice. Urbanismul, de altfel, prin problemele de coordonare a unor parametri foarte diferiți, ca regimul de ocupare a teritoriului, densitatea de locuințe, regimurile de înălțimi ale clădirilor etc., oferă cu siguranță un cîmp deosebit de propice pentru utilizarea calculatoarelor electronice și a metodelor matematice.

Influența și aportul gîndirii științifice în arhitectura contemporană se fac simțite începînd cu stabilirea programului (temei) și terminînd cu realizarea practică. Creșterea confortului material, controlabilă prin indicatori științifici, se bazează pe cercetări asupra microclimatului arhitectural, început cu definirea cubajului de aer, cu temperaturile și umiditățile optime pentru diferite procese de muncă sau de viață, și terminînd cu problemele izolării fonice. Numeroși arhitecți moderni, urmărind să redea omului plenitudinea fizică și spirituală, se preocupă de aspectul corelației dintre om și mediul său arhitectural, de influența pe care formele și rezolvările arhitecturale pot să le aibă asupra comportării individului sau colectivității.

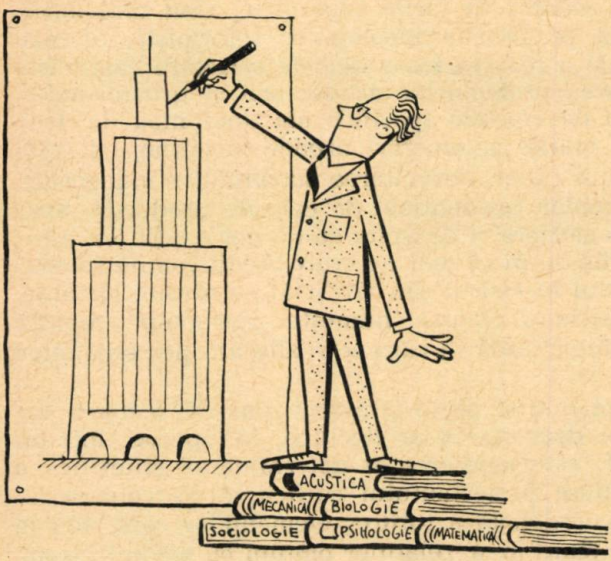
Determinarea formei și mărimii unui spațiu, să zicem al unei clase de școală, se bazează tot mai mult pe utilizarea unor metode și studii științifice din mai multe domenii. Măsurarea volumului de aer și stabilirea schimbului de aer, ca și a distanțelor de vizibilitate și de audiție se fac cu aparatură adecvată, antropometria determină poziția optimă a corpului în poziția de lucru, stabilește formele cele mai adecvate ale mobilierului ; cantitatea de lumină pe care o dau ferestrele, precum și orientarea acestora sînt și ele stabilite pe criterii științifice, după cum chiar și culoarea este studiată nu numai sub aportul decorativ, dar și sub cel al efectului psihologic. Măsurători și studii efectuate în uzine și ateliere au determinat cu precizie gradul de creștere al productivității și comportării active a muncitorilor o dată cu preocuparea de a se realiza un cadru arhitectural ; aerisirea și luminarea constantă, combinările corecte de culori ale utilajelor și cadrului construit, eliminarea zgomotelor de reverberație, toate contribuie la transformarea obiectului arhitectural

dintr-un adăpost simplist al activității într-un cadru organic adecvat vieții fizice și spirituale a omului.

Asemenea preocupări au apărut mai întîi, sub presiunea crizelor sociale, în țările capitaliste, cînd unii arhitecți, călcînd pe urmele ideologiilor reformiste, ofereau alternativa de a rezolva toate racilele societății capitaliste prin rezolvarea problemelor arhitecturii și urbanismului. Dar, dincolo de efectele specifice ale unui mod de trai, este cert că marile aglomerări urbane moderne, cu creșterea traficului rutier, dezvoltarea nocivităților industriale, separarea zonelor rezidențiale de cele de producție, apariția marilor cartiere și dezvoltarea de noi relații om-arhitectură fac din ce în ce mai necesare studii complexe asupra individului în cadrul său artificial — orașul, locuința. Arhitectul Richard Neutra numește „psihotop" această ambianță arhitecturală în care se realizează personalitatea umană.

Un aspect nou și puțin cunoscut, dar de o mare însemnătate în dezvoltarea arhitecturii, în special într-un stat socialist, este studierea și determinarea științifică a temelor propuse proiectantului edificiilor. Cercetarea sistematică și coordonată a tuturor elementelor care stau la baza acestor teme și a relațiilor omului cu mediul înconjurător reprezintă o disciplină relativ nouă, ecologia, care, însumînd cercetarea sociologică cu cea economică, biologică, psihologică etc., permite în final să se stabilească mai precis calitățile funcționale ale noilor edificii sau ansambluri, pe baze științifice, în care elementele de realism se îmbină cu cerințele unei perspective previzibile. Aceasta permite arhitectului să se orienteze pe baza unor date obiective, singurele care, în infinitatea variațiilor și impresiilor subiective, pot să-l ajute în stabilirea unui program, înlocuind empirismul și tradiționalismul epocilor trecute. Amploarea activității arhitectural-urbanistice contemporane, caracterul ei universal fac ca soluțiile să nu mai poată fi așteptate sub forma unicatelor datorate unor personalități cu intuiție genială. Marile figuri ale arhitecturii moderne, ca Gropius, Mies Van de Rohe, Le Corbusier, Alvaar Aalto și alții, au creat școli și curente mai ales datorită faptului că marile lor capacități creatoare s-au sprijinit pe analiza cerințelor societății moderne, ca

și a posibilităților tehnice ale industriei. Ei sînt promotorii unor idei și principii noi în arhitectură nu pe baza unei intuiții, ci mai ales pe baza unei analize teoretice. Poate e



semnificativ faptul că toți acești maeștri, în primul rînd creatori și realizatori de arhitectură, și-au propus și analize ale rolului și metodelor arhitecturii. Îmbinarea forței creatoare cu analiza teoretică la maeștrii arhitecturii contemporane conferă acesteia o trăsătură particulară, care nu e cu totul străină de influența cunoașterii științifice. În arhitectură, alături de cunoașterea artistică, consacrată de milenii de evoluție istorică, apare azi cunoașterea științifică.

Vorbind de contingențele științifice ale arhitecturii am fi tentați să amintim matematica și geometria, invocate uneori ca instrumente ale stabilirii unor raporturi și proporții armonioase în formele arhitecturale. Utilizarea unor formule matematice, împărțirea segmentelor în medie și extremă rație, seriile numerice, sistemul modular al lui Le Corbusier, traseele regulatoare ce ar stabili corelații între elementele unei clădiri pe baza unor figuri geometrice, uti-

lizarea legilor perspectivei — foarte intensă în perioada barocă —, toate acestea ni se par încă exemple elementare, în care e vorba mai mult de instrumente mecanice, neavînd un caracter propriu-zis științific. Ele n-au servit — și nici nu pot servi — ca metodă *creație*, ci numai ca un control. În alt fel mi se pare interesant de subliniat intervenția matematicilor în arhitectura modernă, și anume prin introducerea spațiului dinamic, a relației spațiu-timp, care a creat în zilele noastre o modalitate plastică nouă, specifică și originală, prefigurată de arhitecturile anterioare, de gotic și mai ales de baroc. Favorizată de structurile moderne de beton și metale, această viziune a spațiului continuu și dinamic permite arhitecturii moderne să realizeze alte imagini și relații spațiale, învederate în special în operele lui F. L. Wright, Le Corbusier, Oscar Niemeyer, Alvaa Aalto și alții. Eliminarea ortogonalismului și a delimitărilor rigide între interior și exterior reprezintă o mutație a gîndirii arhitecturale care nu poate fi străină de concepțiile matematicii și fizicii moderne. Evident, nu e vorba de o determinare directă și evidentă, de genul acela că, citindu-l pe Einstein, Le Corbusier a avut ideea spațiului continuu. Vrem doar să spunem că circulația de idei, de asemenea foarte activă în zilele noastre, nu poate să nu fi antrenat gîndirea arhitecturală, care este în fond o *viziune spațială*, pe urmele gîndirii matematice.

În fine, evoluția arhitecturii moderne nu poate fi înțeleasă și apreciată fără a ține cont de dezvoltarea tehnicii în general și a tehnicii construcției în particular. Aici influența activității științifice este un factor imediat ; cercetările de fizică și chimie conduc la elaborarea de noi materiale și tehnologii de prelucrare ; analiza matematică stă la baza unor noi sisteme de calcul ale structurilor și determină conceperea unor structuri bazate pe alte principii de repartizare a eforturilor, așa cum sînt suprafețele riglate, cu dublă curbură, suprafețele conice imaginate de ingineri și arhitecți cu preocupări de matematicieni, ca Torroja, Nervi, Freyssinet, Cadella, și dezvoltate magistral de numeroși arhitecți, cum sînt Kenzo Tange sau Eero Saarinen.

Vedem dar că în epoca actuală dezvoltarea arhitecturii și urbanismului este strîns legată de nivelul gîndirii știin-

ţifice, atît în ce priveşte metodele de fundamentare, cît şi în ce priveşte concepţia spaţială şi gîndirea constructivă. Faptul că în teoria şi practica arhitecturii introducerea datelor şi metodelor unor discipline ştiinţifice foarte diverse devine în mod obiectiv obligatorie nu trebuie să ne conducă însă la concluzia că arhitectura şi urbanismul îşi vor pierde cumva trăsăturile lor artistice, încetînd să mai reflecte realitatea în forme artistice cu valoare emoţională. Dincolo de determinările sociale şi economice, de fundamentările artistice, de măsurătorile biologice şi de cerinţele atîtor altor ştiinţe ale omului sau materiei, arhitectura şi urbanismul realizează forme plastice, fiind, o dată cu funcţia lor primordial utilitară, una din artele vizuale cele mai complexe şi mai puternic active asupra simţului estetic al omului. Aceasta înseamnă că, lucrînd cu datele exacte şi controlabile ştiinţific ale programelor şi ale metodelor de realizare, arhitectul selectează prin prisma unei viziuni proprii, prin sensibilitate artistică infinitatea de soluţii de ansamblu şi de detaliu, care scapă acestor determinări. Arhitectul poate realiza o operă viabilă numai atunci cînd, stăpînind magistral elementele obiective ale temei sale, depăşeşte exprimarea unui strict determinism ştiinţific-tehnologic. Ele sesizează pentru fiecare temă care sînt laturile specifice unde rămîne determinantă viziunea artistică. Destinată omului-individ şi colectivitate, arhitectura va trebui întotdeauna să satisfacă nu numai acele nevoi materiale şi psihologice pe care ştiinţa le poate determina şi preciza, dar şi nevoia de reflectare artistică (prin mijloacele sale specifice) a conştiinţei umane ; dacă artele în genere constituie o reflectare a realităţii obiective în conştiinţa umană, arhitectura poate fi considerată invers, ca o reflectare a conştiinţei umane într-o realitate materială obiectivă. Drumul creaţiei artistice porneşte de la concret la abstract (concretul operei de artă nu e decît suportul unei abstracţiuni). Drumul creaţiei arhitecturale porneşte însă de la abstract la concret, transformînd concepţia asupra unei funcţionalităţi viitoare în realitate materială. Arhitectul vede circulînd maşini şi oameni, vede jucîndu-se copii şi susurînd artezienele chiar din clipa în care păşeşte pe un cîmp gol, populat doar de vreo turmă de oi. Artistul redă în opera sa emoţia estetică pe care o

resimte în fața naturii înconjurătoare. Arhitectul creează în jurul său o nouă natură : formele arhitecturale nu se pot inspira din natură decît foarte limitat ; ele sînt concretizarea unor concepții abstracte : stabilitate, avînt, ușurință, transparență, masivitate. Astfel că viața omului se desfășoară între două unice alternative de cadru material : *natura* și *arhitectura*.

*

Dezvoltarea ciberneticii a adus în actualitate și unele ipoteze de activitate autonomă a calculatoarelor, în sensul unei gîndiri creatoare și chiar a realizării unor opere de artă. Analiza unei perspective nu prea îndepărtate arată că multe laturi ale creației arhitecturale vor putea trece parțial sau total în domeniul mașinilor electronice de mare capacitate. Probabil că acestea vor putea să dea variantele optime ale soluțiilor cerute, scutind arhitecților și colaboratorilor săi direcți munca migăloasă și uneori sterilă și păstrîndu-le disponibilitatea adevăratei creații arhitecturale.

Intervenția arhitectului în modelarea spațiului ale cărui coordonate pot fi stabilite pe cale științifică trebuie să înceapă de la nevoia de a face acest spațiu agreabil, impresionant, interesant și frumos, adică a-l dărui cu asemenea atribute pe care rezultatul unei prelucrări automate nu le poate obține, ele fiind subiective și imponderabile în însăși imaginația și sensibilitatea autorului.

Arhitectura devine, precum orice activitate omenească, mai complexă și mai exigentă. De pe acum spiritele iscoditoare ale unor creatori se îndreaptă spre un viitor în care viața omului se va desfășura pe baze tehnice și științifice care azi ne apar încă utopice. Unii se preocupă de orașe, alții de edificii, alții de urbanismul submarin sau extraterestru. Evident că ponderea ficțiunii este în aceste privințe foarte mare ; cele mai multe din rezolvările propuse se datoresc nu în primul rînd arhitecților. Neîndoios însă că în viitorii 50 de ani arhitectura va cunoaște o nouă revoluție în concepție și realizare, o revoluție comparabilă cu cea produsă de introducerea calculului betonului armat. Aceasta va fi arhitectura metalelor ușoare, a materialelor

sintetice cu mare capacitate de izolare și a unei energetici de mare eficiență ; fără a pierde contactul cu realitatea, arhitectul zilelor noastre este obligat să urmărească rezultatele și direcțiile științelor moderne pentru a pregăti utilizarea lor în realizarea spațiului artificial al umanității viitoare.

SPECIFICUL NAȚIONAL ÎN ARHITECTURA MODERNĂ ROMÂNEASCĂ

Promovarea unei arhitecturi naționale ca rezultantă firească a unificării specificului național cu caracterul modern constituie o preocupare continuă a arhitecților din țara noastră în munca lor de căutare a unei exprimări arhitecturale actuale, corespunzătoare necesităților materiale și spirituale ale poporului nostru.

Arhitectura populară din țara noastră, caldă și echilibrată, poate constitui unul din exemplele cele mai reușite de îmbinare dintre frumos și util, de asociere nesupărătoare și perfect concordantă a austerității artistice cu fantezia fecundă.

Imensele valori cîștigate de geniul creator al poporului nostru reprezintă un izvor nesecat de inspirație. Felul în care aceste valori sînt preluate și puse în evidență constituie un proces complex, cu multe etape, proces ce se referă îndeosebi la conținutul fenomenelor, forma intervenind doar ca o reflectare, o reprezentare fidelă a acestuia.

*

Documentele Congresului al IX-lea al Partidului Comunist Român, făcînd cunoscute realizările deosebite ale arhitecturii din țara noastră, realizări apreciate pe plan mondial, semnalează totodată și apariția monotoniei, a lipsei de varietate și originalitate în unele ansambluri arhitecturale.

Originalitatea în sensul cel mai larg al fanteziei anarhice, nelegată de nici o bază anterioară, nu poate constitui originalitatea valoroasă, autentică de care este nevoie.

Aceea care condiționează nemijlocit capacitatea de existență a noului este tradiția. Născut în condițiile de anulare a vechiului, noul poate fi original numai ducînd mai departe tradiții ale artei populare.

Modul în care se adresează tradiției, măsura în care se extrage din ea esențialul posibil de asociat principiilor moderne ale arhitecturii, născute din condiții obiective, materiale și funcționale ce trebuie respectate, determină nemijlocit calitatea procesului de prelucrare critic subiectivă de mai tîrziu.

Apelul la bogatele resurse oferite de tradiție trebuie făcut cu discernămînt și ceea ce trebuie să intereseze în primul

rînd este sistemul general de gîndire.

Transpunerea mecanică și negîndită, mărirea la scară a elementelor caracteristice arhitecturii populare se soldează prin eșecuri. Farfuriile ornamentale brîncovenești, de exemplu, nu-și pot găsi locul într-o clădire realizată din beton și sticlă. Preluarea și utilizarea unor întregi elemente de arhitectură veche duce în mod iminent la o repetare vulgară, neadevărată și bizară pentru timpurile actuale.

Pe de altă parte, arhitectura populară românească, neavînd elemente majore — cum apar, de exemplu, în arhitectura vechilor incași sau egipteni —, este greu să genereze prin copierea sau mărirea la scară a elementelor specifice rezolvări grandioase și impresionante.

Recunoscînd însă faptul că „frumosul" în cea mai largă accepție a cuvîntului rezultă în primul rînd ca sesizare a adevărului, ca relație armonioasă între părțile componente, și nu a mărimii lor, apare posibilitatea menținerii tradiției tocmai sub această latură.

Principii cărora li se dă cea mai mare importanță astăzi în arhitectura modernă le regăsim transpuse în realitate în arhitectura populară românească.

Astfel integrarea în mediu despre care vorbește în arhitectura sa Wright o găsim din plin la construcțiile noastre populare. Casele românești de țară înfrumusețează peisajul, și nu îl contrazic. Se regăsește în aceeași măsură în curba turlei unei biserici maramureșene silueta zveltă și îndrăzneață a brazilor, ca și moliciunea domoală a dealurilor din jur. Nimic nu deosebește această curbă, ca înfățișare și exprimare artistică spirituală, de hiperbola ascendentă a lui Niemeyer.

Trebuie remarcat spiritul liric al meșterului român care primează în fața raționalismului constructivist. Principiul negării cu dezinvoltură a efectului gravitațional caracterizează atît acoperișul celebrei biserici din Ronchamp a lui Le Corbusier, cît și cel al capodoperei noastre de la Voroneț.

Mai dificilă pare calea preluării elementelor decorative din trecut rezultate a unui anumit mod de producție și concepție despre viață azi dispărute. Totuși, folosite în anumite doze și într-o mare varietate, ar putea oferi un plus de expresivitate construcțiilor.

*

Conștient de valorile estetice proprii poporului nostru, arhitectul Ion Mincu pune bazele unui curent în arhitectura românească în care se vor integra aproape toți urmașii săi imediați.

Construcțiile gîndite de el — Bufetul de la șosea sau Școala centrală — vădesc priceperea și talentul cu care Mincu a grefat pe fundalul unei gîndiri originale și a unei profunde cunoașteri a legilor compoziției, elemente de arhitectură veche și populară.

Ca o reușită pe linia promovării unei arhitecturi tradiționaliste se înscrie de asemenea clădirea actualului Muzeu de istorie a partidului — lucrare aparținînd arhitectului Nicolaie Ghiță-Budești. Ea se remarcă și impune printr-o tratare deosebită a jocului volumelor, împrumutate din arhitectura noas-

tră religioasă. Ornamentația, deși prezentă și prelucrată cu multă atenție, nu ajunge să joace decît un rol minor în expresia arhitecturală. În arhitectura noastră contemporană se fac simțite și mai mult căutările pline de ardoare pe drumul creării unui nou stil arhitectural original, cu un puternic suflu românesc. Aceste căutări sînt înlesnite azi, deoarece arhitectura modernă, eliberată de procedeele canonice specifice arhitecturii clasicizante, își poate permite de-abia acum, prin elasticitatea concepției asupra formei, să realizeze specificul național.

Sintetizînd poate pentru prima dată în evoluția arhitecturii noastre, în mod premeditat și perfect vizibil, tradiția cu noile concepții moderne, lucrările prof. arh. Octav Doirescu — cartierul de locuințe Jianu, restaurantul Pădurea Băneasa — se înscriu ca tot atîtea exemple de reușită practică în realizarea unei arhitecturi românești tradiționale.

Ansamblul Pieții Palatului — realizat de un colectiv sub conducerea prof. arh. Horia Maicu — prezintă o notă de echilibru și armonie caracteristică arhitecturii noastre populare.

Prof. arh. Ascanio Damian imprimă în lucrarea sa — ansamblul Expoziției realizărilor economiei naționale — o ritmică decorativă sugestivă prin geometria unghiulară a liniei frînte alternante, cu amintirea vagă a unui motiv de decorație populară.

Ca exemple calitativ similare pot fi citate lucrările de pe litoral ale colectivului condus de arh. Cezar Lăzărescu, cu nota lor de simplitate și eleganță, cartierele de locuințe Balta Albă, Floreasca, ansamblul Gării Brașov, spitalul din Orașul Gh. Gheorghiu-Dej.

Ele sînt tot atîtea dovezi ale preocupării continue a arhitecților noștri de a promova un limbaj arhitectural în care expresia tradiției populare să se îmbine armonios cu cerințele arhitecturii actuale, corespunzătoare perioadei de avînt economic în care se găsește țara noastră.

LE CORBUSIER (1887—1965)

Le Corbusier, pe adevăratul său nume Charles Edouard Jeanneret, s-a născut la 6 octombrie 1887 la La Chaux de Fonds, în Elveția, într-o familie de gravori de ceasuri. Strămoșii săi, de origine franceză, s-au refugiat în Elveția în secolul al XIV-lea pentru a scăpa de persecuțiile religioase. Numele de Le Corbusier l-a luat în 1923, după unul din strămoșii săi din sudul Franței.

A învățat ceasornicăria în orașul său de naștere, dar dorința de învățătură l-a îndemnat la mai mult. Cu puținii bani agoni-

siți și cu caietul de schițe în mînă colindă orașele Italiei de nord și schițează în mapa sa tot ce a văzut mai valoros.

În 1908 ajunge la Paris. A lucrat în biroul de proiectare al lui August Peret, părintele betonului armat, timp de un an și jumătate, timp în care studiază artele la Sorbona.

Le Corbusier a devenit arhitect ca autodidact.

În 1923 publică o carte în care cuprinde ideile sale de bază.

A făcut mai multe proiecte de sistematizare a orașelor, dintre care se remarcă cel din 1950 pentru noua capitală a statului indian Pundjab, numită Chandigarh.

În 1946 s-a construit la Marsilia cea mai remarcabilă lucrare a sa, o unitate de locuit care într-o singură clădire, ca într-un mic orășel, asigură adăpost pentru 1 600 de oameni, este dotată cu garaje la subsol, magazine și terase la mijlocul înălțimii, grădinițe de copii și club la ultimul nivel.

Le Corbusier a lucrat activ pînă în ultima clipă a vieții sale. În condițiile grele și defavorabile pentru activitatea creatoare din orînduirea capitalistă, pus în fața unor raporturi complexe și adeseori anormale dintre arhitect și clientul particular, într-o atmosferă de invidie și rea-credință față de ideile sale, Le Corbusier și-a închinat viața în lupta pentru găsirea unor noi expresii ale arhitecturii.

ION MINCU (1852—1912)

Ion Mincu este reprezentantul cel mai de seamă al școlii naționale de arhitectură de la sfîrșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea. El s-a născut la Focșani în 1852, fiind al șaselea copil în familia sa.

În timpul școlii primare și al liceului, pe care le-a urmat la Focșani (după unele însemnări se pare că în timpul liceului a fost cîțiva ani elev în București), la Ion Mincu s-a observat ușurința cu care învăța, plăcîndu-i deopotrivă atît literatura — unde se dovedea foarte talentat, fiind apreciat în cadrul cercului literar al liceului —, cît și științele exacte. În casa părintească, avînd un climat favorabil pentru a-și stimula și îmbogăți înclinațiile sale artistice, studiază cu interes muzica sau ia ore de desen sub îndrumarea fratelui său. Cu răbdare și perseverență, el învață să deseneze formele naturii și ale monumentelor făcute de mîna omului, fiind sensibil la armoniile de culori și sesizînd cu ușurință proporționalitatea cea mai adecvată ce trebuia dată diferitelor elemente din desenele sale. În 1870, cînd termină liceul ca „șef de promoție", Ion Mincu era încă nehotărît cărei profesiuni să i se dedice. Mai mult datorită îndemnului autoritar al tatălui decît dorinței sale — care înclina uneori spre literatură — se înscrie la Școala de poduri și șosele din București. În 1875 absolvă școala, dar își dă seama că este atras spre cu totul altceva. („O șosea, un pod, la noi sau în altă parte, sînt la fel — eu voiam altceva, spune el mai tîrziu"). Și, cu toate că

ajunsese inginer al județului Putna, Mincu se gîndea din ce în ce mai mult să devină arhitect, deși la vremea aceea nu era o deosebire prea clară între inginerie și arhitectură, ba chiar aceasta din urmă era considerată un fel de meșteșug fără prea mare importanță. Mincu, care își transportase idealurile literare în domeniul construcției, vedea în arhitectură o modalitate de exprimare a talentului și convingerilor sale. În toamna anului 1877 pleacă la Paris pentru a urma cursurile de arhitectură de la „École des Beaux Arts". Studiind arhitectura la Paris, Mincu a știut să folosească nu numai învățătura uneia din cele mai bune școli, dar și pe cea a orașului, în care se poate urmări evoluția arhitecturii de-a lungul unui mileniu. Aproape în fiecare zi, el se fixa în preajma unui monument, avînd carnetul de schițe în mînă. Desena piese cu multă pricepere, disecînd fiecare element pentru a-l recompune la loc, formîndu-și astfel, prin exerciții migăloase și de durată, unele deprinderi ce-i vor ajuta mai tîrziu în prodigioasa-i activitate. Încă de pe băncile acestei școli, datorită elanului cu care lucra, talentului și perseverenței cu care își desăvîrșea fiecare proiect, pe lîngă aprecierile elogioase ce le primea de la profesorii săi, vestiți arhitecți ai timpului, începe să fie cunoscut și de către marele public. În 1883, cînd termină școala, ca urmare a reputației cîștigate, i se oferă o bursă din partea guvernului român pentru o călătorie de studii în străinătate. Timp de aproape opt luni, după o prealabilă și meticuloasă documentare din diferite cărți și tratate, cu caietul de schițe totdeauna asupra sa, vizitează Spania, Italia, Grecia și Constantinopolul, notînd toate amănuntele ce i se par interesante și demne de reținut.

Reîntors în țară, cu toate că era destul de tînăr, dar ca urmare a renumelui ce și-l cîștigase încă din străinătate, realizează numeroase comenzi, dintre care unele foarte importante și de o mare varietate de genuri. Încetul cu încetul, numele lui I. Mincu începe să fie sinonim cu arhitectura românească. Atenția lui, în întreaga activitate de arhitect, a fost îndreptată spre formele tradiționale ale arhitecturii românești, preluînd și interpretînd elemente și detalii din arhitectura veche românească, din cea populară, folosind materiale tradiționale (ceramică smălțuită, lemn, piatră etc.). Față de activitatea colegilor săi de breaslă, Mincu a construit relativ puțin, și cauza acestui lucru trebuie căutată, poate, în trăsăturile sale sufletești : în loc de a alerga după comenzi și a-și comercializa meseria, el prefera să se dedice numai acelor lucrări care-i dau posibilitatea de a-și verifica teoriile și de a contribui la formarea unei arhitecturi specific naționale.

Spre sfîrșitul secolului trecut, dorința lui, născută dintr-un patriotism profund, de a crea premisele unei arhitecturi naționale, fusese încununată cu succes.

Personalitatea lui Mincu apare tot mai limpede conturată. Autor al unor valoroase creații de arhitectură, el duce o însemnată activitate de profesor și luptă în primele rînduri pentru înfăptuirea unei școli de arhitectură românească. În 1904 este

numit director al Școlii superioare de arhitectură, instituție creată cu cîțiva ani în urmă pe lîngă Societatea arhitecților. Ca profesor de atelier, Mincu era stimat și iubit de elevii săi, cărora le insufla dragostea față de comorile arhitecturale populare și pasiunea pentru muncă.

În decursul întregii sale activități, Mincu nu s-a mărginit numai a fi arhitect și profesor ; a scris articole pe diferite teme, a organizat excursii de studii prin țară, a organizat expoziții etc.

În decursul anilor, opera sa, în majoritate rămasă în proiecte, s-a caracterizat prin monumentalitate, masivitate, echilibru și expresivitatea tratării bogate și prețioase a detaliilor fațadei. Dintre realizările marelui arhitect menționăm : Bufetul de la șosea, casa Lahovari (azi secție a spitalului Cantacuzino), casa Monteoru (azi Casa scriitorilor „M. Sadoveanu"), Casa Vernescu (azi Clubul M.I.G.), Școala centrală de fete (azi Liceul nr. 10), toate în București.

La 6 decembrie 1912, Mincu moare, figura lui rămînînd proeminentă pentru totdeauna în dezvoltarea arhitecturii românești.

Arheologia subacvatică

Ing.
MIHAI LEFTERESCU

Printre ramurile noi ale unor ştiinţe care şi-au definit de mult domeniul şi metodele, arheologia subacvatică ocupă un loc aparte.

Aceste două cuvinte, a căror împerechere este recentă, apar alături din ce în ce mai des în ziare, la radio, în filme şi în lucrări de specialitate, în legătură cu ştiri sau relatări mai ample despre descoperiri ale unor opere de artă veche, ale unor epave antice sau a unor cetăţi întregi scufundate.

Arheologia subacvatică, ramură relativ nouă a arheologiei clasice, se afirmă din ce în ce mai mult ca o ştiinţă cu un domeniu propriu şi cu metode specifice de cercetare.

Definiţia clasică a arheologiei — ştiinţa lucrurilor vechi — îngăduie o extindere : arheologia subacvatică este ştiinţa lucrurilor vechi găsite sub apă. Această definiţie elementară implică faptul că descoperirea sub apă a obiectelor din epocile vechi ale istoriei condiţionează felul studiului lor ulterior. Subliniind rolul esenţial al scafandrilor, această definiţie le ia în acelaşi timp orice drept la titlul de arheologi dacă nu posedă, în acelaşi timp cu pregă-

tirea temeinică de scafandri, o veritabilă știință a lucrurilor descoperite.

În rîndurile nespecialiștilor este în general răspîndită părerea că arheologia subacvatică a apărut de foarte puțin timp, în urmă cu numai cîțiva ani. De fapt însă, arheologia subacvatică are antecedente mai vechi.

Primele descoperiri arheologice submarine datează de peste un secol și, chiar dacă ele nu marchează începutul arheologiei subacvatice, stau la originea primelor lucrări de arheologie sub apă, întreprinse în urmă cu 65 de ani.

Cu toate că a parcurs de atunci un drum destul de mare, de-a lungul a 6 decenii, arheologia subacvatică a rămas încă una dintre cele mai tinere ramuri ale științei. Ea repetă într-o mare măsură drumul pe care l-a parcurs în dezvoltarea ei știința de bază a arheologiei subacvatice, anume arheologia terestră.

Primele jaloane ce marchează calea arheologiei subacvatice au fost, ca și cele ale arheologiei clasice, unele descoperiri întîmplătoare. Abia la celălalt capăt al drumului se poate vorbi despre lucrările sistematice ce caracterizează arheologia ca știință modernă.

S-ar părea, la prima vedere, că arheologia subacvatică este dezavantajată în comparație cu arheologia terestră, pentru că obiectele acoperite de apă nu s-ar conserva ca cele îngropate în pămînt. Acest punct de vedere este însă greșit. Arheologia subacvatică pare dezavantajată numai dacă ne referim la unele descoperiri excepționale ale arheologiei terestre, cum ar fi mormintele egiptene sau vestigiile orașului Pompei, acoperit de cenușa Vezuviului.

În realitate, pămîntul nu conservă mai bine decît apele mării. El nu păstrează decît piatra, ceramica și metalul. Or, aceste materiale le păstrează și marea. Desigur, ele sînt uneori acoperite de alge, scoici, de un întreg înveliș viu, pe care biologii îl numesc epibioză. În plus, apa marină conservă foarte bine lemnul, ceea ce pămîntul nu face niciodată.

Avantajul principal al arheologiei subacvatice îl prezintă faptul că vestigiile istorice, cu descoperirea și studiul cărora se ocupă, au rămas de-a lungul secolelor la adăpost de jefuitori și distrugători, ceea ce are o foarte mare importanță. Arheologia subacvatică cercetează obiective de

neatins pentru arheologia terestră și aduce un material complet nou, care întregește în mod esențial imaginea noastră despre cultura și viața popoarelor antichității. Astfel, datorită arheologiei subacvatice avem informații despre unele din cele mai strălucite pagini ale culturii și artei antice.

Se știe că unul din cele mai înalte stadii ale artei antice este legat de dezvoltarea sculpturii în bronz, în secolele al V-lea și al IV-lea î.e.n. Or, cele mai importante opere ale acestei perioade ne sînt cunoscute numai prin intermediul unor copii. Majoritatea acestor copii sînt executate într-o epocă mai apropiată de noi. Ele sînt sculptate în marmură și pierd mult din farmecul pe care l-au avut în bronz. Cea mai mare parte a operelor antice de artă în bronz s-au pierdut încă de la sfîrșitul erei antice, o dată cu migrațiile popoarelor care au cucerit țările în care și-a avut leagănul cultura și arta antică. Au fost distruse atunci multe opere de artă și monumente de cultură, dar cel mai mult au avut de suferit statuile de bronz, care au fost sfărîmate și din al căror metal retopit s-au turnat arme.

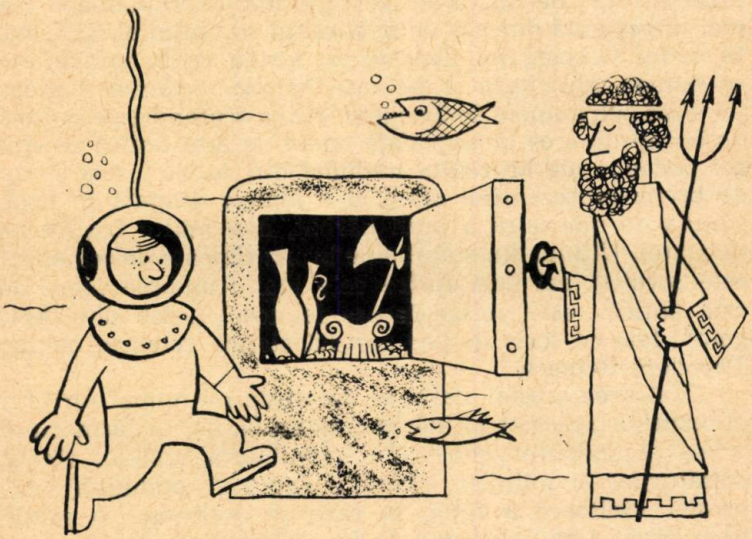
Statuile din bronz scufundate în mare întîmplător, în naufragiile galerelor care le transportau, s-au păstrat în adîncuri ferite de furiile distrugătoare. Multe din ele au fost scoase la suprafață, multe din ele vor mai fi, fără îndoială, găsite, și, datorită arheologiei subacvatice, vor întregi imaginea noastră despre unele din cele mai interesante aspecte ale culturii și artei antice.

Arheologia subacvatică mai are însă și un alt avantaj hotărîtor față de arheologia terestră. Se știe că arheologia terestră studiază obiectele descoperite prin săpături în complexul lor și că poziția lor relativă, ca și gruparea în care au fost găsite, au o importanță deosebită pentru stabilirea originii, a vechimii și valorii lor. Or, în săpăturile terestre, arheologul găsește obiecte heteroclite, dintre care unele se află grupate în mod întîmplător și care aparțin unor epoci, popoare sau civilizații deosebite. Aceste alăturări întîmplătoare pot deruta pe arheologul terestru și de aceea îngreuiază mult elaborarea concluziilor.

În arheologia subacvatică, de cele mai multe ori, astfel de alăturări întîmplătoare, derutante, de obiecte antice nu sînt cu putință. Epava unei galere antice e un mormînt

care a rămas nejefuit de-a lungul mileniilor, și întreaga ei încărcătură reprezintă un complex unitar, care poate fi studiat cu certitudine ca atare.

Datorită acestor avantaje substanțiale, arheologia subacvatică, deși este o știință nouă, și-a marcat apariția cu



obținerea unor date importante și înregistrează zi de zi succese răsunătoare ce o impun atenției generale.

Caracteristica principală a arheologiei subacvatice este strînsa ei legătură cu tehnica scafandrieră, cu tehnica pătrunderii oamenilor în adîncurile mărilor. Deși descoperirile arheologice sub apă își încep șirul cu multă vreme în urmă, despre arheologia subacvatică ca o știință aparte nu se poate vorbi decît de puțină vreme, de cînd dezvoltarea tehnicii scafandriere a permis organizarea primelor șantiere propriu-zise de arheologie subacvatică. Realizarea aparatelor autonome de scufundare a revoluționat această știință nouă și i-a dat un avînt deosebit, îngăduind arheologilor să coboare direct în fundul apelor spre a explora, a face cercetări și a supraveghea lucrările arheologice subacvatice.

Apariţia arheologiei subacvatice ca ştiinţă este precedată de un şir de descoperiri întîmplătoare, ce formează, s-ar putea spune, preistoria ei.

În 1879, cîţiva pescari din Salamina au ridicat în plase statuia de bronz a unui efeb, statuie ce se află azi la Muzeul din Berlin. Dar descoperirea întîmplătoare cea mai importantă datează de la sfîrşitul secolului al XIX-lea. În sudul Greciei, nu departe de insula ce în antichitate se numea Anticitera şi pe care hărţile moderne o menţionează sub numele de Cerigoto, cîţiva scafandri pescuitori de bureţi au scos la suprafaţă opere de artă antică ce sînt azi podoabe ale Muzeului naţional din Atena : trei statui de bronz reprezentînd atleţi şi o femeie drapată în togă, statuia de marmură a unui bărbat, mai multe fragmente de statui. Ultima din statuile de bronz ridicate de scafandri este socotită azi una dintre cele mai frumoase piese de artă antică : este vorba despre faimosul „efeb din Cerigoto". Iată ce scrie despre această statuie celebrul elenist Theodore Reinach :

„Valoarea acestei statui se datoreşte nu numai raritătii bronzurilor greceşti în mărime naturală, dar şi farmecului delicat al modelului, conturului încîntător al braţelor, finetii trăsăturilor şi mîinilor, ritmului suplu şi odihnitor, expresiei visătoare a feţei, în care se deslueşte o graţie tinerească. Arta antică nu are în scrinul ei un giuvaer mai de preţ".

Unii dintre arheologii care au studiat statuile găsite lîngă insula Cerigoto sînt de părere că aceste opere proveneau din jefuirea Aticii de către armatele generalului roman Sylla după victoriile sale contra lui Mitridate, în anul 86 î.e.n.

Descoperirea care marchează de fapt începutul arheologiei subacvatice a fost făcută întîmplător de cîţiva scafandri greci pescuitori de bureţi, în anul 1907, în faţa micului port Mahadia, de pe coastele Tunisiei.

Orăşelul Mahadia are o istorie lungă şi complicată, dar această descoperire l-a făcut să devină în cîţiva ani celebru, atrăgînd atenţia arheologilor din lumea întreagă.

La 15 iulie 1907, unul dintre scafandrii care pescuiau bureţi la o adîncime de 40 m a observat pe fundul mării ceea ce lui i s-au părut nişte „tunuri lungi" culcate, as-

cunse pe jumătate în nisip. Apropiindu-se, scafandrii au constatat că pe fundul mării se aflau culcate coloane de marmură și că între ele se aflau împrăștiate numeroase capiteluri sculptate și statui. În zilele următoare ei ridicară la suprafață, pe ascuns, unele din aceste resturi antice.

Arheologul francez Alfred Merlin, care lucra atunci în Tunis, observă o ciudată abundență de ocazii rare în bazarurile din oraș. Curînd adevărul fu descoperit, și o campanie oficială de cercetări fu organizată, cu aceiași scafandri care făcuseră descoperirea. În anii care au urmat, au fost aduse la suprafață coloane de marmură, capiteluri ionice, bronzuri, candelabre, amfore, în număr atît de mare, încît pentru a le adăposti a trebuit să fie construite cinci săli speciale la Muzeul de antichități din Tunis. S-a stabilit repede că pe fundul mării se afla epava unei galere antice, cu toată încărcătura ei. Asupra originii, destinației încărcăturii și împrejurărilor în care s-a scufundat celebra galeră de la Mahadia s-au purtat multe discuții. Două ipoteze sînt de reținut : este vorba fie de o galeră romană care aducea din Grecia o parte din prada de război a lui Sylla, după înfrîngerea lui Mitridate, ca și galera naufragiată la Cerigoto, fie de o galeră ce transporta un templu „prefabricat", construit în atelierele din Grecia.

În orice caz, naufragiul galerei de la Mahadia ne oferă posibilitatea de a contempla azi sculpturi în marmură de o impresionantă prospețime. Dacă templul ar fi fost montat undeva pe uscat, intemperiile ar fi dat marmurei sculptate acea patină a timpului pe care o au toate vestigiile civilizațiilor antice ce ni s-au păstrat pe pămînt. Apele mării au păstrat însă coloanele și capitelurile lor astfel încît par abia ieșite din mîinile iscusiților sculptori.

Războiul din 1914 a întrerupt campania de cercetări și recuperări arheologice de pe galera de la Mahadia, care era încă departe de a-și fi dezvăluit toate tainele. În 1948 cercetările au fost reluate cu mijloace tehnice noi. O adevărată revoluție se petrecuse între timp în tehnica scufundării. Inventarea aparatelor autonome de scufundare deschisese arheologilor porțile apelor, dîndu-le posibilitatea să coboare direct pe șantierele arheologice subacvatice.

Noua campanie de cercetare arheologică a epavei de la Mahadia a fost întreprinsă de *Grupul de studii și cercetări*

submarine (G.E.R.S.) din Toulon. Printre cei mai buni scufundători ai grupului erau conducătorii expediției, comandanții Philype Thailléz și Jacques Yves Cousteau. Cu jeturi puternice de apă sub presiune se sapă un șanț transversal pe epava împotmolită în mîl și nisip. Din cala galerei, scafandrii expediției reușesc să lege cu parîme un capitel ionic care e adus la suprafață. Încă o dată se dovedește că mîlul, nisipul de pe fund și apa de mare sînt un mediu perfect de protecție a pieselor de marmură. Spălată și periată, marmura își regăsește vechea splendoare. Volutele capitelului și-au păstrat intact luciul dat de sculptorul grec cu două mii de ani în urmă.

Multe alte obiecte găsite pe epavă și aduse la suprafață sînt studiate de arheologi, formînd un material deosebit de bogat pentru cunoașterea vieții pe care o duceau navigatorii de pe galerele Romei imperiale. Sînt recuperate astfel : arme, cuie de fier roase de rugină, cuie de bronz, o rîșniță pentru grăunțe, bucăți mari de lemn de cedru de Liban, acoperite cu un lac negru, cu o formulă necunoscută încă, ce a ferit lemnul de putrezire timp de două mii de ani.

Timpul de care dispunea expediția franceză a trecut repede, și epava galerei de la Mahadia, din a cărei încărcătură, după părerile arheologilor, nu s-a recuperat nici o treime, a fost din nou părăsită, rămînînd să-și păstreze în lumina verde a adîncurilor comorile de artă antică, pînă cînd o altă expediție arheologică îi va tulbura din nou liniștea.

Lucrările de pe epava galerei de la Mahadia abia au deschis drumul arheologiei subacvatice. Multe alte epave antice au fost semnalate de atunci. Cea mai veche dintre aceste epave, cunoscute pînă acum, este cea de la Breganson, între Hyeres și Le Levendau. În acest mic port de pe Riviera franceză, la adăpost de furtunile ce răscolesc uneori apele mării, în fața insulei Port Crès, o galeră se află la o adîncime de 5 m, acoperită de un strat gros de mîl și nisip.

Cele cîteva amfore scoase la suprafață de pe epava acestei galere au o formă ovoidă, aproape sferică, ceea ce le permite arheologilor să plaseze naufragiul mai devreme de secolul al IV-lea î.e.n., poate chiar în secolul al VI-lea î.e.n.

O altă epavă de galeră ce cunoaște o mare popularitate se află în Mediterana, în fața Coastei de Azur, la Antheor. Ea se odihnește pe un fund de nisip, la o adîncime de numai 21 m. În 1950, arheologii francezi au apelat din nou la Grupul de studii și cercetări submarine, care a trimis o grupă de scafandri de elită cu practică în cercetările și lucrările de arheologie submarină și care aveau la dispoziție nava specializată „Ellie Monier", pentru a efectua o lucrare de degajare a epavei.

Lucrarea a fost condusă de locotenentul de marină Houot, cel care trei ani mai tîrziu avea să realizeze recordul absolut de adîncime, scufundîndu-se cu batiscaful în Oceanul Pacific la 11 000 m adîncime.

În cursul lucrărilor de degajare a epavei de la Atheor au fost aduse la suprafață mai multe amfore intacte, ale căror gîturi mai aveau depunerile de ipsos cu care fuseseră astupate și care purtau peceți cu inițialele armatorului antic.

Studiind aceste peceți, arheologii au ajuns la concluzii interesante, reușind să dateze naufragiul în prima jumătate a secolului I î.e.n.

O altă epavă de galeră a cărei explorare arheologică a fost întreprinsă cu mijloace mecanizate este cea de la Albenga, pe coastele Liguriei. Aici, un pescar ridicase în 1925 în plasele sale două amfore. În 1950, cu 25 ani mai tîrziu, arheologul italian Nino Lambolia decide să caute în locul indicat de pescar epava galerei din a cărei încărcătură presupunea că fac parte amforele pescuite întîmplător. Un alt entuziast i se asociază : Ernesto Quaglia, care cu nava sa recuperatoare de epave, „Artiglio", devenise cunoscut în lumea întreagă pentru recuperarea de pe epava navei „Egipt" a unei încărcături de cîteva zeci de tone de aur și argint.

La 8 februarie 1950 primul scafandru coborît de pe „Artiglio" în locul indicat de pescarul ligur semnalează o zonă lungă de 30 m și lată de 10 m, în care sute de amfore stau pe jumătate îngropate în nisip, la adîncimea de 45 m.

E pusă în funcțiune faimoasa benă a navei „Artiglio", instrumentul de apucat, cu fălci de oțel, căruia nimic nu-i rezistă, și un șanț adînc e săpat prin încărcătura galerei

spre fundul ei. După 10 zile de lucru, la suprafață sînt aduse amfore fără încrustații de scoici sau alge, semn că șanțul ajunsese în straturile adînci ale încărcăturii galerei, în vecinătatea chilei. Pentru a nu distruge galera cu mijloacele de lucru de atunci, lucrările fură întrerupte. Campania arheologică de la Albenga a constituit un mare succes. Din cele 738 de amfore ridicate de pe epava galerei, 100 au ajuns intacte la suprafață. Au fost de asemenea recuperate arme antice, coifuri militare de bronz, o roată de plumb ce servea la manevrarea odgoanelor, un corn de berbec, tot din plumb, ce împodobea probabil prova galerei, bordaje de lemn și o mare cantitate de vase de uz casnic din ceramică fină.

Bogata încărcătură recuperată de pe epava acestei galere se păstrează azi într-un muzeu al corăbiilor romane, la Albenga.

Dar cercetarea arheologică a epavei de la Albenga abia a fost începută. Ca și epava galerei de la Mahadia, ea mai ascunde multe comori arheologice. În ultimii ani, de la Riviera genoveză și pînă la Coasta de Azur, ca și de-a lungul coastelor Greciei și ale Africii de nord, descoperirile epavelor de nave antice s-au înmulțit în așa măsură, încît lista lor abia mai poate fi ținută la zi.

Între aceste epave de nave antice, nici una nu întrece în faimă epava galerei de la Grande Congloué. Întîmplarea datorită căreia a fost găsită această epavă, deși autentică, pare începutul unei povestiri științifico-fantastice.

Era în vara anului 1948. În fața portului Marsilia, un scafandru recuperator de metal din epave vechi, Serafim Cristiani, coborîse prea în adînc din mica ambarcație care îl asista, și rămăsese prea multă vreme la fund. Abia ajuns la suprafață, fu cuprins de crampe și dureri din ce în ce mai ascuțite în umeri și curînd îi paralizează brațele și picioarele. Era un accident grav de decompresiune. O ambulanță îl transportă pe Cristiani la Toulon, unde medicii specialiști ai „Grupului de studii și cercetări submarine" (G.E.R.S.) începură îndată tratamentul lui prin compresie, urmată de decomprimare lentă. Accidentatul fu introdus într-un cheson special, pentru 10 ore, și medicii căutară un voluntar dintre scafandrii grupului care să intre în cheson

împreună cu Cristiani și să-l ajute în lungile ore cît avea să dureze tratamentul.

S-a oferit atunci Frederic Dumas, unul dintre cei mai buni scufundători ai grupului. Cînd ușile chesonului fură în fine deschise, după 10 ore, pe Serafim Cristiani și Frederic Dumas îi lega o puternică prietenie pe care nimic n-avea să o mai desfacă. Tratamentul în cheson îl vindecase pe Cristiani și, după 6 luni pe care avea să le petreacă în convalescență, căile adîncurilor aveau să-i fie din nou deschise.

Ca semn al prieteniei lor, Serafim Cristiani i-a dăruit lui Frederic Dumas un secret al meseriei sale, una din acele taine pe care scafandrii nu le împărtășesc de obicei nimănui. Cu cîtăva vreme în urmă, Cristiani găsise ceea ce el numea „un cîmp de amfore". Se afla la poalele unei stînci care străjuiește intrarea în portul Marsilia.

Frederic Dumas a reușit să-l atragă pe Jacques Ives Cousteau, comandantul navei de cercetări oceanografice „Calypso", care în 1952 se înapoia la Marsilia venind dintr-o croazieră de cercetări în Marea Roșie, avînd la bord scufundători ai Grupului de studii și cercetări submarine din Toulon.

În locul indicat de Cristiani, la poalele stîncii Grande Congloué, ce străjuiește intrarea în rada portului Marsilia, scafandrii identifică repede epava unei nave antice încărcată cu amfore. Aici, echipa de scafandri condusă de Cousteau efectuează cea mai importantă lucrare de degajare realizată vreodată pe epava unei nave antice. Conducerea științifică a lucrărilor a fost încredințată unui arheolog, savantul Fernand Benoit.

Iată ce relatează despre această epavă de galeră Jean Rivoire, unul dintre scufundătorii echipei de pe „Calypso" :

„La poalele falezei de stîncă, o movilă de vase de ceramică se întinde pe o lungime de vreo 20 m. Cîteva gîturi de amfore, cu linii pure, se desenează în această dezordine. Aș vrea să deslușesc formele epavei, dar nici pe departe nu poate fi vorba despre așa ceva. Scheletul galerei este complet acoperit de mîl și nisip. Numai gîturile amforelor, în cohorte strînse, arată prin alinierea lor direcția galerei. Din loc în loc unele amfore aplecate pe o parte ies din rînd și fără îndoială că în acele locuri lemnăria epavei

s-a rupt. Naufragiul trebuie să fi fost foarte violent. În acest amestec confuz se ghicește totuși înclinarea epavei, culcată pe o parte la picioarele falezei abrupte a micii insule. Veacuri de-a rîndul blocurile prăvălite din faleza de stîncă a insulei bătute de valuri au tulburat pacea adîncurilor și au pecetluit mai greu mormîntul submarin. Și toate luminile Mediteranei n-au mai fost în stare să tulbure somnul epavei".

Începute în 1952, lucrările de pe șantierul submarin al epavei galerei de la Grande Congloué au continuat cîțiva ani. Peste 2 000 de amfore au fost ridicate la suprafață și duse la Muzeul Borely de la Marsilia. În urma lucrărilor de degajare a nisipurilor efectuate cu mijloace modernizate, de mare eficiență, conturul galerei a apărut clar. Construcția ei era din lemn de stejar și de pin, iar bordajul era acoperit pe dinafară cu o foaie subțire de plumb. O punte dublă acoperea și compartimenta orizontal galera.

Amforele din straturile inferioare erau într-o stare excelentă : mai puțin roase de apa de mare, ele păstrează uneori un strat unsuros, negru și lucios, care la analiza chimică s-a dovedit a fi o substanță cu bază de rășină. În unele amfore s-a găsit chiar puțin vin, sau mai degrabă un lichid trandafiriu, fără alcool, dar și nesărat de apa de mare.

Amforele scoase de pe epava galerei de la Grande Congloué sînt mai ales de tip roman, depășind înălțimea de 1 m și avînd capacitatea de 19 l. Toartele lor, drepte, sînt puțin depărtate de gîtul lung, care se unește cu pîntecul amforei printr-un colț ascuțit. Cîteva din amfore însă sînt de tipul grecesc cel mai pur, cu pîntecele umflate în formă de sfîrleză, cu gîtul relativ scurt, cu toarte care se conturează elegant. Înălțimea lor nu depășește 90 cm, dar capacitatea lor depășește 26 sau 27 l.

Cele mai multe din amforele ridicate la suprafață de pe epava galerei purtau pe gîtul lor o mică pecete triunghiulară pe care se deslușeau trei litere, S.E.S., urmate de o ancoră sau un trident. Arheologii care le-au descoperit admit că aceasta ar fi marca armatorului, a proprietarului galerei. Acesta a fost identificat cu un oarecare Marcus Sesius, originar din Fragelles, în nordul Lațiului, negustor

roman bogat, care în anul 200 î.e.n. obține un decret de naturalizare în insula grecească Dellos, după cum se știe dintr-o inscripție găsită pe o placă de piatră.

Toate aceste date se înlănțuie de minune. Stilul vaselor transportate, al celor cîteva obiecte găsite la bord, îngăduie arheologilor să stabilească data naufragiului galerei în jurul anului 200 î.e.n. Galera luase încărcătura principală dintr-un port din Campania, dar ducea și cîteva vase grecești.

Marcus Sesius locuia acum la Dellos, dar își păstrase desigur relații cu Campania, aproape de țara lui natală.

Putem deci reconstitui istoria acestei galere : ea a plecat din „Cicladele de aur", a lăsat marfă în portul Neapole, a îmbarcat vin în amfore fabricate la poalele Vezuviului și de asemenea vase din regiunea Campania, ridicînd apoi pînzele spre colonia elenică a Deccei. Ţinta călătoriei era aproape, cînd vîntul de răsărit, atît de temut de-a lungul coastelor Proven̦tei, a aruncat galera greu încărcată spre stînca ce se ridica din mare.

Deosebit de interesant este faptul că amfore cu aceeași marcă au fost descoperite în săpături terestre, departe de mare.

Cu cercetările de pe epava galerei de la Grande Congloué, arheologia subacvatică a înregistrat unul din cele mai mari succese de pînă acum, obținînd un material deosebit de bogat.

Epavele galerelor antice și încărcăturile lor nu constituie însă singurul obiect de cercetare și studiu al arheologiei subacvatice. De-a lungul mileniilor, țărmurile continentelor și insulelor au suferit numeroase ridicări și coborîri datorită mișcărilor tectonice ale scoarței terestre. Nivelul multor mări a variat de asemenea datorită unor cauze multiple, studiate de geologi. Astfel, multe așezări antice, cu construcțiile lor, se află azi scufundate în apele mărilor, nu departe de litoralul continentelor sau insulelor. Astfel de ruine submarine, care au avantajul esențial de a fi ferite de jefuiri și distrugeri ulterioare, prezintă o atracție deosebită pentru arheologi.

Șirul descoperirilor arheologice submarine în acest domeniu e lung, deși se află, fără îndoială, la începutul său.

În Insulele Ierins s-au găsit fundațiile unui drum roman care continuă pînă departe în mare, fără îndoială datorită

unei prăbușiri a coastei. La Foos, pe locul „Gropilor lui Marius", care era un port important pe calea dintre Ostia și Arles, indicat pe toate itinerarele romane cunoscute, s-au găsit pe fundul mării resturi de vase romane, fragmente arhitecturale și un splendid cap de fildeș de tip elenistic. În portul Hyeres de azi, pe locul contoarului antic de la Olbia, scafandrii autonomi ai unui club submarin din Cannes au găsit ruine importante, al căror studiu și explorare continuă. La Antibes, în Golful Saint-Roch, au fost găsite bazine circulare cu diametrul de cîte 4 m, așezate în șir și comunicînd între ele, probabil heleșteie pentru pești. La picioarele unei faleze, la Saint-Cyr-sur-Mer, au fost descoperite în 1950 ruinele unui oraș roman, pe care arheologii îl consideră a fi anticul Tauroentum. Recent, în faimoasa Grotă de Azur din insula Capri, în care împăratul Tiberiu construise un sanctuar închinat probabil zeului Dionisos, scafandrii-arheologi au descoperit două statui de marmură de o mare valoare artistică. La Alexandria, cercetările efectuate de scafandrii-arheologi egipteni au scos la iveală ruinele portului antic și obiecte de artă antică de o rară frumusețe.

Realizarea cea mai importantă pe care o are la activul său arheologia subacvatică în ceea ce privește cercetarea ruinelor antice înghițite de apele mării este însă, fără îndoială, descoperirea în apele Mării Mediterane a ruinelor porturilor Tyrului și Sidonului.

Istoria pasionantă a descoperirii și cercetării acestor ruine, care de peste două milenii dorm în liniștea apelor limpezi ale mării, începe în 1925. În vara aceluiași an, un cunoscut arheolog francez, André Poidebar, a început o serie de cercetări arheologice în deșertul sirian, căutînd urmele marelui drum comercial care lega în antichitate Imperiul roman cu Asia mijlocie, India și China.

Pentru că nisipul purtat de vînturi acoperise de multe secole ceea ce mai rămăsese din drumurile romane și din ruinele așezărilor ce-l mărgineau din loc în loc, arheologul francez a recurs la o metodă de căutare încă nefolosită de nimeni, metodă care avea să revoluționeze arheologia, anume observația vizuală și fotografia din avion.

Pe fotografiile făcute de la diferite înălțimi și din diferite unghiuri au apărut forme geometrice regulate, care

pe sol treceau neobservate și care semnalau ruinele căutate. Au fost astfel stabilite traseele drumurilor romane și amplasamentele ruinelor a zeci de posturi militare și castre fortificate, alcătuindu-se astfel o hartă detaliată a obiectivelor arheologice dintre secolul I și secolul al IV-lea e.n., în deșertul sirian.

În timp ce lucra la trierea fotografiilor făcute din avion, Poidebar observase un lucru ciudat : pe cîteva fotografii făcute de la o înălțime de peste 1 000 m care reprezentau extremitatea vestică a marelui drum roman ce străbate deșertul, acolo unde ruinele cunoscute de pe uscat fuseseră cercetate de arheologi care identificaseră marile cetăți ale Feniciei antice, Tyrul și Sidonul, se vedeau în apă mari forme geometrice care păreau că prelungesc sub apă ruinele vestitelor cetăți.

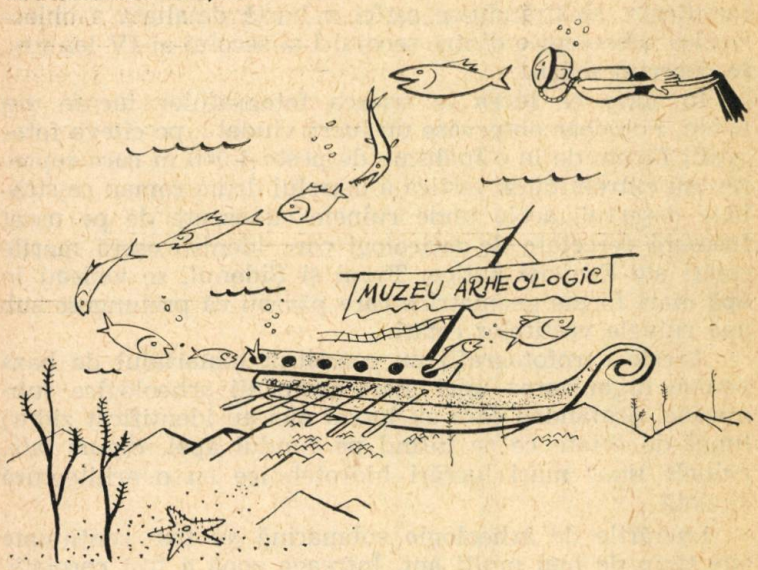
Aceste aerofotografii au constituit materialul de bază pentru organizarea unei mari campanii arheologice submarine. Scafandrii care au lucrat aici au identificat ziduri lungi de cetate ce se întind pe fundul apei, diguri late, ruinele unor mari lucrări hidrotehnice cu o arhitectură ciudată.

Lucrările de arheologie submarină au fost continuate aici timp de mai mulți ani. Întreaga zonă a fost caroiată, delimitată cu șiruri de geamanduri, și scafandrii au explorat-o sistematic. O adevărată ridicare hidrografică a fost realizată de specialiști în arhitectură arheologică, ajutați de specialiști în hidrografie. Din loc în loc au fost aduse la suprafață fragmente arhitecturale alese de scafandri-arheologi. Obiecte de artă antică și obiecte de uz curent, cu mare valoare științifică, au fost de asemenea aduse la suprafață.

Sub apă se întinde acolo un adevărat muzeu arheologic, a cărui cercetare a adus un material abundent, ce a îmbogățit și întregit substanțial cunoștințele noastre despre istoria Tyrului și a Sidonului.

Cercetările arheologice în zona ruinelor scufundate ale celor două cetăți antice au constituit unul din cele mai mari succese ale arheologiei subacvatice și, prin materialul obținut, au adus date noi, deosebit de valoroase pentru istorie.

Azi arheologia subacvatică este o știință în plină dezvoltare. Numărul șantierelor arheologice submarine este în continuă creștere.



În apele Mării Negre au fost descoperite și cercetate parțial multe obiective arheologice. Întregul litoral vestic al Mării Negre este presărat cu ruinele unor înfloritoare centre ale civilizației antice. La Suhumi, Feodosia, Kerci, Odesa, Sozopol și în multe alte locuri au fost descoperite ruine scufundate ale unor părți de cetăți a căror cercetare arheologică e în curs.

În dreptul litoralului românesc al Mării Negre, în fața Mangaliei, au fost identificate de curînd ruinele unei părți din antica cetate Callatis. În aliniamentul zidului nordic al incintei cetății se află, în mare, fragmente de coloane de marmură și blocuri mari de piatră, cu forme regulate, avînd la capete scobituri caracteristice în formă de coadă de rîndunică, pentru elementele de îmbinare.

Mai departe, spre larg, ruinele zidului continuă în apă. Pe alocuri pavaje din lespezi cu forme regulate acoperă suprafețe întinse, pentru a se pierde în ruinele unor ziduri.

Continuarea explorării fundului mării în zona din fața Mangaliei va furniza în viitor datele necesare pentru organizarea unui șantier de arheologie submarină, pentru cercetarea cu metode și utilaje moderne a părții cetății antice Callatis ce se află sub apele mării. După părerea competentă a arheologilor, un interes deosebit îl prezintă stabilirea amplasamentului și cercetarea ruinelor portului cetății Callatis. În privința acestui port nu există nici un fel de dubiu. El este menționat în scrierile istoricului și geografului roman Arrian din secolul al III-lea e.n. În secolul al XV-lea, călătorul Jan Wawein, care a trecut prin părțile de azi ale Mangaliei, scrie că o parte din ruinele portului antic se află sub apă și că din ele se vede un dig mare, lat de 30 picioare. Două secole mai tîrziu, în 1651, cunoscutul călător turc Evlia Celebi face o amplă descriere a portului antic, care la acea dată se mai vedea încă.

Cercetările viitoare de arheologie submarină vor furniza, fără îndoială, un material bogat despre istoria acestei cetăți antice, al cărei trecut se împletește strîns cu al celorlalte cetăți de pe țărmurile Dobrogei de azi.

Iată, pe scurt, numai cîteva din cele mai importante realizări ale arheologiei subacvatice, ramură nouă a arheologiei clasice, căreia viitorul îi deschide mari perspective.

În cursul lucrărilor ultimelor trei congrese internaționale de arheologie subacvatică, ce au avut loc la Cannes, în Franța, la Albenga, în Italia, și la Barcelona, în Spania, reprezentanți cunoscuți ai acestei ramuri noi a științei și-au exprimat convingerea că azi, o dată cu dezvoltarea tehnicii explorării submarine, arheologiei subacvatice i se deschid perspective nebănuite pînă nu de mult.

Hărțile pe care erau trecute epavele de nave antice identificate la adîncimi pînă la 40 m, socotite explorabile cu scafandri autonomi, sînt azi extinse pînă la izobata de 80 m și fără îndoială că nici această limită nu va rezista mult asaltului arheologilor-scafandri.

Mii de epave de nave antice, cu încărcăturile lor prețioase pentru arheologi, rămase neclintite de-a lungul secolelor, așteaptă să furnizeze noi elemente de o importanță nebănuită pentru arheologie.

Cu fiecare epavă de galeră descoperită și cercetată, cu fiecare ruină de cetate scufundată explorată, cu fiecare operă de artă recuperată din liniștea adîncurilor marine, arheologia subacvatică ne oferă încă o pagină din istoria pasionantă a civilizațiilor, culturii și vieții unor popoare care ne-au precedat cu secole și milenii în urmă.

SCAFANDRUL AUTONOM

Pînă în 1865 toate aparatele cu care omul lupta la cucerirea adîncurilor aveau un mare neajuns — limitau autonomia omului sub apă, întrucît alimentarea continuă cu aer necesita existența unei legături permanente cu suprafața, iar presiunea incomparabil mai mare decît cea atmosferică declanșa în organismul uman o serie de reacții care-i periclitau viața. Din acest an apare „aeroforul", aparat de scufundare care are un rezervor purtat în spate de către scufundători. Alimentarea cu aer de la suprafață se făcea printr-o conductă, iar prin desprinderea ei se putea realiza o scurtă autonomie a scufundătorului. În 1911, Robert H. David creează primul aparat autonom de scufundare în circuit închis. Acest aparat, cu unele perfecționări, este utilizat și azi în scopuri militare.

În 1924, Yves Le Prieur brevetează primul aparat autonom de scufundare în circuit deschis. Pe același principiu, J. I. Cousteau și Gagnan realizează în 1943 un nou aparat, a cărui utilizare s-a generalizat rapid în toată lumea.

Și celelalte piese accesorii scufundării autonome au apărut relativ recent. Astfel, labele înotătoare pentru picioare au fost inventate în 1933 de Louis Corlieu, masca pentru față aparține lui Maxime Forjot (1938) etc.

Dar ce este în fond scafandrul autonom? Prin definiție acesta reprezintă un aparat de scufundare care asigură o mai mare mobilitate scufundătorului, oferindu-i pentru respirație aerul comprimat în buteliile purtate de el în spate. După cum aerul expirat, viciat, este evacuat sau nu în apă, aparatele se grupează în două tipuri: aparate în circuit deschis **și, respectiv,** în circuit închis. **De asemenea, mai există o categorie de aparate în** circuit semiînchis.

a) Aparatul autonom de scufundare în circuit deschis, **la care aerul expirat se evacuează în apă, este compus din:**

— o butelie sau un bloc de butelii **(2—4) fabricate dintr-un aliaj ușor și rezistent. În aceste butelii aerul se află sub o presiune de 150—200 de atmosfere. Buteliile sînt prevăzute cu un dispozitiv de racordare la detentor și conductorii respiratori. Una din butelii, destinată „rezervei", debitează aerul necesar numai după ce un semnal sonor**

face cunoscută scufundătorului epuizarea aerului din celelalte butelii. Toate piesele componente ale buteliei (în special manometrul) trebuie păstrate cu o deosebită grijă, pentru a preveni unele accidente ce pot fi uneori foarte grave ;

— detentorul, dispozitivul ce asigură evacuarea aerului viciat și o furnizare ritmică de aer necesar respirației la o presiune egală cu presiunea exercitată de apă la adîncimea unde se află scufundătorul. De fapt, este piesa cea mai sensibilă și importantă a întregului aparat, de a cărei bună funcționare depinde reușita și securitatea scufundării ;

— conductele respiratorii și mușticul asigură traiectul aerului de la detentor la gura scufundătorului.

b) Aparatele autonome de scufundare în circuit închis cu oxigen, în plus față de aparatul în circuit deschis prezintă un sac respirator („plămîn fals") — avînd drept scop reglarea autonomă a presiunii — și un filtru de epurare, ai cărui reactivi chimici rețin CO_2 și vaporii de H_2O expirați. Deși prezintă multiple avantaje, dintre care esențială este asigurarea unei discreții totale, deoarece nu vor ieși bule de gaz la suprafața apei — din această cauză sînt întrebuințate în scopuri militare — utilizarea lor devine periculoasă la o presiune a oxigenului mai mare de 2 kg/cm², cînd respirarea acestui gaz devine toxică.

c) Aparatele în circuit semiînchis sînt de același tip ca și cele cu oxigen în circuit închis, cu sac respirator și filtru de epurare, dar alimentarea lor se face cu un amestec de gaze (oxigen și azot sau oxigen și heliu, în loc de oxigen pur cum se întrebuințează la celelalte tipuri). Ele sînt astfel concepute încît să alimenteze pe scufundător cu un amestec respirator în care concentrația oxigenului să scadă pe măsură ce adîncimea și presiunea de utilizare cresc, astfel încît presiunea parțială a oxigenului să rămînă constantă.

Pe lîngă aparatul propriu-zis — indiferent de tip — o serie de alte accesorii sînt absolut indispensabile: masca facială, labele, batimetru-brățară, busola, lampa portativă, cuțit, centura de lestare etc. În ultimul timp, o largă întrebuințare au căpătat-o costumele de termo și hidroprotecție, realizate din pînză cauciucată. Cel mai recomandabil este costumul cu volum constant, care cumulează aerul expirat, eliminînd continuu surplusul prin supape aflate în costum la nivelul capului, mîinilor și picioarelor.

Folosirea tipurilor de aparate descrise mai sus este simplă, accesibilă oricăruia dintre noi, cu condiția de a ne însuși la perfecție regulile de scufundare și de a ne îngriji cu cea mai mare atenție fiecare parte componentă a aparatului, indiferent de importanța ei.

Se naște acum întrebarea : care este utilitatea scafandrului autonom ? Izvorîtă din necesități practice, scafandria autonomă a deschis căi nebănuite activității subacvatice a omului. Construcțiile hidrotehnice (baraje, hidrocentrale, diguri, instalații portuare etc.) solicită tot mai mult intervenția scafandrilor autonomi în unele lucrări subacvatice de întreținere sau reparații, expertize tehnice etc.

De asemenea, folosirea scafandrilor autonomi în întreținerea, revizuirea și repararea navelor „la apă" este mult mai eficientă decît prin scoaterea acestora pe uscat.

O activitate deosebit de interesantă și utilă o desfășoară scufundătorii autonomi recuperatori de epave. Sute de nave scufundate, unele conținînd tezaure de importanță deosebită, au fost readuse la suprafața apei în ultimele două decenii datorită curajoșilor scafandri autonomi.

Cercetarea științifică apelează din ce în ce mai mult la serviciile scafandrului autonom datorită observării subacvatice „in situ" (pe viu). Sedimentologia, studiul biofaciescuilor și biotopurilor marine, dinamica proceselor biotice și abiotice în cadrul platformei continentale etc. sînt probleme la care scufundătorul cercetător poate să-și aducă contribuția.

Foarte utile au fost rezultatele observării directe — efectuată de un grup de cercetători din cadrul stațiunii marine de cercetări piscicole „Mamaia" — a eficienței unor scule pescărești (taliene etc.) sau a comportării unor specii de pești în apropierea țărmului românesc al Mării Negre.

Arheologia subacvatică este o nouă ramură a arheologiei, iar dezvoltarea ei după apariția scafandriei autonome a căpătat proporții neașteptate. Mulțimea de amfore, statuiete, piese numismatice, morminte, orașe întregi acoperite de ape descoperite în ultimul timp de către acești răscolitori ai fundului mărilor și oceanelor dezvăluie vestigii ale trecutului ce întregesc cunoștințele noastre asupra dezvoltării societății umane. De curînd, un grup de cercetători ai Muzeului de arheologie „V. Pârvan" din Constanța au descoperit pe fundul mării în dreptul orașului Mangalia o serie de elemente de ceramică, obiecte din bronz și marmură, dovezi certe ale unei culturi înfloritoare plămădite pe aceste meleaguri.

Adaptarea filmului și televiziunii în condițiile subacvatice a sporit considerabil valoarea rezultatelor obținute de către acești oameni cercetători ai adîncurilor.

Scufundarea autonomă ca sport oferă participanților ei satisfacții inegalabile, care răsplătesc însutit eforturile depuse în asimilarea cunoștințelor necesare practicării acestui sport.

Scafandria autonomă oferă o destindere a corpului, a minții, pe care fiecare dintre noi o simte necesară, o caută, o cere...

AUGUSTE PICCARD (1884—1962)

Remarcabilul om de știință, elvețianul Auguste Piccard s-a născut în 1884, în localitatea Lutry, cantonul Vaud, din Elveția.

Încă de timpuriu, A. Piccard a fost preocupat de găsirea unor mijloace pentru investigarea științifică a păturilor supe-

rioare ale atmosferei sau pentru pătrunderea în adîncurile mărilor — zone ale Pămîntului care la începutul secolului nostru erau aproape necercetate. Astfel, în 1905, în perioada studenției la Școala politehnică federală din Zürich, viitorul inginer fizician a imaginat proiectul primului batiscaf din lume, care era alcătuit dintr-o cabină etanșă, un flotor umplut cu hidrocarburi ușoare și alte accesorii. Dar proiectul va deveni realitate... peste cîteva decenii. Pînă atunci, activitatea eminentului fizician s-a îndreptat spre proiectarea unui vehicul care să se înalțe în atmosferă. Pe baza proiectului său s-a construit un aerostat stratosferic — numit F.N.R.S. 1 —, cu care în 1932 a atins altitudinea de 16 201 m.

În perioada imediat următoare ascensiunilor sale în atmosferă, ingeniosul inventator A. Piccard elaborează proiectul unui aparat asemănător aerostatului, dar cu care să poată cerceta abisurile pline de mistere ale mărilor și oceanelor. Pentru aceasta, savantul elvețian a transformat balonul său stratosferic în balon dirijabil submarin. Ușoara cabină de aluminiu a aerostatului devine o grea cabină de oțel, giganticul balon umplut cu 14 000 m^3 de hidrogen devine un mic flotor ce conține cîtiva zeci de metri cubi de benzină ușoară, iar plasa de corzi ce lega balonul de cabină este înlocuită cu una de oțel. Hublourile etanse și sistemul de regenerare a aerului din cabină rămăseseră la fel ca și la aerostat. Proiectul noului vehicul — *batiscaful* —, imaginat parțial de mintea temerarului cercetător încă din anii studenției, luase naștere, dar construcția lui, care a început în 1937, nu s-a terminat, datorită întreruperilor cauzate de cel de-al doilea război mondial, decît în 1948. Batiscaful — numit F.N.R.S.2 — a primit „botezul apei" la data de 26 septembrie 1948, cînd A. Piccard, însoțit de profesorul Théodore Monard, directorul Institutului Africa Neagră din Dakar, efectuează, în Oceanul Atlantic, o scufundare de încercare pînă la adîncimea de 21 m în dreptul orașului Dakar. La 3 noiembrie 1948, în apropierea insulei vulcanice Fago din Oceanul Atlantic, batiscaful F.N.R.S.2, fără ocupanți la bord, condus de un pilot automat, atinge adîncimea de 1 380 m. Ca urmare a deficiențelor observate la F.N.R.S.2, profesorul Piccard, în 1949, desenează planul unui nou flotor, mai rezistent la valuri. Pe baza îmbunătățirilor făcute primului batiscaf de către prof. Piccard, în colaborare cu George Houot și Pierre Wilm, se construiește batiscaful F.N.R.S.3 la Arsenalul marinei naționale franceze din Toulon.

În 1951, concomitent cu construcția în Franța a lui F.N.R.S.3, în Italia se construiește după planurile sale și ale fiului său, Jacques, batiscaful ce va purta numele „Trieste". Acest nou tip, datorită rezistenței la presiuni mari, este destinat cuceririi marilor adîncuri.

Ca urmare a îmbunătățirilor aduse an de an, batiscafele coboară din ce în ce mai mult în abisurile mărilor și oceanelor. Cel mai mare merit în cucerirea adîncurilor revine și mai departe batiscafelor proiectate fie de către A. Piccard singur, fie în colaborare cu alți constructori, printre care și Jacques Piccard,

continuatorul operei sale. Menționăm adîncimile atinse de F.N.R.S.3 : la 12 august 1953 batiscaful avînd la bord pe G. Houot și P. Wilm atinge 1 550 m ; la 13 august 1953 același echipaj coboară la 2 150 m ; la 15 februarie 1954 — în Oceanul Atlantic, în dreptul Dakarului — întrece cu 1 900 m precedentul record și atinge o adîncime ce nu va mai fi depășită decît după șase ani de către Jacques Piccard și americanul Walsh.

Batiscaful „Trieste", avînd la bord pe A. și J. Piccard, efectuează prima scufundare de probă la 14 august 1953, în Marea Mediterană. După o altă scufundare, la 30 septembrie 1953, cei doi Piccard ating cu „Trieste" adîncimea de 3 150 m tot în Marea Mediterană.

Pe lîngă această spectaculoasă luptă de a cuceri adîncurile mărilor și oceanelor, rolul batiscafelor în cercetarea „lumii tăcerii" este din ce în ce mai mare. Descoperiri biologice, arheologice, geologice etc., acțiuni de descoperire și salvare a unor epave marine (printre care putem menționa contribuția lui „Trieste" la găsirea și identificarea în 1965 a epavei submarinului atomic american „Thresher") — iată contribuția batiscafelor la dezlegarea unor enigme și mistere ale mărilor și oceanelor.

Cel care a avut cel mai mare merit în inventarea și perfecționarea lor a fost eminentul savant Auguste Piccard, stins din viață în 1962.

ION BORCEA (1879—1936)

Figură marcantă a științei românești, Ion Borcea, unul dintre oamenii de știință care și-au dedicat viața cunoașterii și studierii lumii misterioase a adîncurilor, este cel mai de seamă naturalist format la școala românească a lui Paul Bujor.

Pasionat iubitor al naturii, Borcea a studiat științele naturale la Iași, luîndu-și licența cu distincție în 1900, apoi a plecat la Paris pentru specializare și și-a luat doctoratul la Sorbona sub conducerea marelui morfolog și oceanolog Ives Delages.

Atras la început mai ales de anatomie și embriologie (teza lui de doctorat, „Cercetări asupra sistemului urogenital la rechini", constituie o lucrare apreciată și azi), s-a consacrat ulterior, multă vreme, activității didactice și muzeologiei.

Reîntors în țară, Ion Borcea a desfășurat o bogată activitate didactică în calitate de profesor de zoologie al Universității și director al muzeului de istorie din Iași (pe care l-a reorganizat în această perioadă).

Pedagog eminent, Borcea a fost și un om de știință pasionat, înfăptuind o operă de pionierat în domeniul oceanologiei românești. El a fost primul naturalist care și-a dat seama de importanța înființării unei stațiuni de cercetări marine pentru cunoașterea și exploatarea științifică a Mării Negre.

Ca o realizare deosebit de importantă în bogata sa activitate științifică, în 1926 a fost fondată Stațiunea zoologică mari-

timă de la Agigea (care din 1956 îi poartă numele). Această staţiune a devenit un important centru de studii şi cercetări marine, impunîndu-se pe plan intern şi internaţional.

Savant şi cercetător pasionat, Borcea a pus bazele şcolii româneşti de oceanografie. Printre marile sale înfăptuiri se numără, neîndoielnic, primul acvariu şi primul muzeu marin românesc. Realizînd un bogat inventar al vieţuitoarelor ce trăiesc în apele româneşti ale Mării Negre, Ion Borcea a adunat printr-o activitate îndelungată şi laborioasă numeroase observaţii şi date cu caracter aplicativ în legătură cu îndrumarea pescuitului şi a exploatării ştiinţifice a bogăţiilor Mării Negre. Studiind migraţiunile peştilor marini, profesorul Borcea, alături de savantul Grigore Antipa, se situează printre precursorii pescuitului nostru oceanic ; stabilind existenţa bancurilor cu midii de fund, el a îndemnat să se organizeze exploatarea lor.

În străinătate, la Paris şi la staţiunea zoologică de la Roscoff, Borcea a studiat constituţia anatomică şi structura histologică a peştilor elasmobranhi, făcînd o serie de observaţii inedite, printre care cele privitoare la constituţia rinichiului la vertebrate, studiile morfologice asupra teleosteenilor şi mai ales descrierea unor muşchi mai puţin cunoscuţi.

Creator de şcoală în ştiinţa românească, Borcea a îmbogăţit patrimoniul ştiinţei naţionale şi universale cu cercetările sale asupra faunei care a supravieţuit din mările trecutului, precum şi asupra morfologiei peştilor din Marea Mînecii şi Marea Mediterană. Cît despre cercetările sale prodigioase efectuate asupra faunei apelor româneşti ale Mării Negre, acestea au adus numeroase elemente noi în ştiinţa biologică românească. Atenţia cercetătorului a fost în mod deosebit atrasă de fauna lacului Razelm, a limanurilor cu apă dulce, precum şi de fauna de penetraţie din Marea Neagră spre apele dulci. Aceste studii efectuate de Borcea au fost încununate de o serie de rezultate interesante, ce au îmbogăţit considerabil cunoştinţele în acest domeniu. Astfel cercetătorul a ajuns la concluzia că fauna actuală a Mării Negre îşi are de fapt originea în fauna Mării Mediterane, fiind emigrată aici în cuaternar, după prăbuşirea Bosforului. Salinitatea apelor mediteraneene fiind mult mai ridicată, au avut loc schimbări în condiţiile de viaţă de aici, iar vechile forme, autohtone, s-au refugiat în limanuri şi ape, spre gurile Dunării, readaptîndu-se apelor dulci. În schimb, speciile mediteraneene s-au adaptat noilor condiţii din Marea Neagră, şi astfel a luat naştere fauna actuală.

După cum se vede, în cercetările sale, Borcea s-a călăuzit după o concepţie materialistă despre lume, fiind un adept convins al evoluţionismului. Spiritul riguros al metodei sale de cercetare, alături de consecventa sa viziune evoluţionistă au dat naştere unei opere ştiinţifice originale, bine fundamentată, de o mare importanţă teoretică.

Înaltul prestigiu şi marea preţuire de care s-a bucurat savantul român atît pe plan naţional cît şi internaţional au determinat consacrarea numelui pe care şi l-a cîştigat în ştiinţă.

Dovada acestui prestigiu o constituie alegerea sa ca membru al Societății de zoologie din Franța (1904) și al Muzeului de istorie naturală din Paris (1909), titlul de doctor honoris causa al Universității din Montpellier și alegerea sa ca membru corespondent al Academiei Române (1919). Borcea a prezidat Congresul internațional de zoologie de la Padova și a fost ales membru al conducerii unui muzeu de specialitate din New York.

Din opera sa multilaterală, numărînd 100 de lucrări, peste 40 sînt consacrate biologiei marine, morfologiei și zoologiei.

În același timp însă, ca profesor de zoologie cu preocupări multilaterale, Borcea a studiat viața multor insecte dăunătoare agriculturii, pomiculturii și pădurilor (deosebit de importante fiind studiul păduchilor de plante, acarienilor, viespilor etc. și deformațiilor pe care aceștia le produc plantelor). El a subliniat însemnătatea combaterii prin metode biologice a insectelor dăunătoare, dînd la tipar 10 lucrări în acest domeniu.

Concepțiile sale progresiste și patriotismul fierbinte de care a dat dovadă Ion Borcea, cînd, învingînd cerbicia vremii și dispunînd de mijloace modeste, a contribuit, alături de alți pionieri ai științei românești, la desțelenirea ogorului științei românești, sînt o pildă de urmat cu atît mai mult astăzi, cînd activitatea științifică face parte integrantă din programul general de dezvoltare a societății noastre.

Burebista, unificatorul neamului geto-dac

Prof. univ. dr. docent
RADU VULPE

Cea mai întinsă formațiune politică realizată vreodată de o populație băștinașă de pe cuprinsul patriei noastre a fost uniunea triburilor geto-dace de sub conducerea lui Burebista, care depășea cu mult, spre toate zările, teritoriul de azi al României, ținînd spre vest pînă la marginile Boemiei și pînă în mijlocul Panoniei, spre nord pînă dincolo de Carpații Pădurоși, spre răsărit pînă la limanul Bugului și pînă la țărmul Pontului Euxin, spre sud pînă în Iliria și pînă la munții Balcani. Această grandioasă uniune, reprezentînd în istorie o apariție meteorică, a fost creată prin prestigiul și autoritatea regelui Burebista și a durat numai atît cît a trăit el. Opera lui militară și politică a atins proporții atît de ample, încît este firească dorința de a cunoaște cît mai multe și mai precise date despre această excepțională figură, care merită a fi considerată printre personalitățile de geniu ale lumii vechi. Din nefericire izvoarele cu privire la Burebista sînt extrem de laconice și abia ne oferă cîteva indicații sumare, doar atît cît să nu ne lase a ignora cu totul remarcabila pagină pe care el a înscris-o în istorie.

Dintre autorii antici ale căror scrieri au ajuns pînă la noi, unul singur — dintre cei mai valoroși — vorbește mai stăruitor despre faptele lui Burebista : geograful Strabon. Grec născut la Amasia din Pont, în Asia Mică, trăind cam între anii 60 î.e.n. și 25 e.n., Strabon a fost întrucîtva contemporan cu Burebista. Bazîndu-se pe izvoare dintre cele mai bune, pe care le-a selectat cu un spirit critic remarcabil, el ne dă știri demne de toată încrederea, care, în ce privește subiectul nostru, sînt prea succinte și insuficient circumstanțiate, dar totdeauna în acord cu ceea ce putem afla pe altă cale. Ne gîndim la scurtele frînturi de informații, mai mult indirecte, risipite prin scrierile păstrate ale altor cîtorva autori antici, dar mai cu seamă la cuprinzătoarea inscripție a lui Acornion de la Dionysopolis (Balcic), care, prin caracterul său de document direct, referitor tocmai la raporturile acestei cetăți elenice din Dobrogea de sud cu puternicul conducător din stînga Dunării, prezintă o valoare primordială, confirmînd și completînd cu importante știri noi relatările lui Strabon.

Socotim util a reproduce aci, cu comentariile cuvenite, tot ceea ce cele două izvoare de bază, unul literar, altul epigrafic, conțin cu privire la Burebista. Dăm cuvîntul mai întîi lui Strabon, începînd cu principalul său pasaj despre această personalitate : „Boirebistas, bărbat get, ajungînd în fruntea neamului său, a început să-i instruiască pe oamenii săi, ticăloșiți de necontenitele războaie, și atît de mult i-a ridicat prin exerciții, prin cumpătare și prin ascultarea de porunci, încît în cîțiva ani a creat o mare domnie și a supus geților pe cei mai mulți dintre vecinii lor ; și chiar de romani era temut, căci trecea Istrul fără frică prădînd Tracia pînă în Macedonia și în Iliria. Pe celții amestecați cu tracii și cu ilirii i-a pustiit, iar pe boii de sub conducerea lui Critasiros și pe taurisci i-a nimicit cu desăvîrșire. Pentru a-și convinge poporul, și-a luat ca ajutor pe Deceneu, un bărbat vrăjitor care umblase prin Egipt și învățase oarecare semne de prorocire, lăsînd a se crede că îi sînt cunoscute tainele divine. După cîtva timp era socotit chiar zeu, după cum am mai spus cînd a fost vorba despre Zamolxis. Ca dovadă de cît îl ascultau geții e că aceștia s-au lăsat convinși să taie vita

de vie și să-și ducă viața fără vin. Iar Boirebistas a sfîrșit prin a fi răsturnat de niște răsculați, înainte ca romanii să fi pornit o armată împotriva lui. Cei ce i-au urmat i-au îmbucătățit stăpînirea în mai multe părți. Acum de curînd, cînd Caesar Augustus și-a trimis armata împotriva lor, era împărțită în cinci părți, însă atunci era în patru, căci asemenea împărțiri sînt vremelnice, schimbîndu-se după o împrejurare sau alta" (VII, 3, 11).

Numaidecît după acest pasaj, Strabon continuă : „A fost și o altă împărțire a țării lor, păstrată din vechime : căci unii sînt chemați daci, iar alții geți. Geți sînt aceia care se întind spre Pont (Marea Neagră) și spre răsărit, iar daci aceia dinspre partea opusă, către Germania și izvoarele Istrului". După cîteva considerații asupra originii numelor de geți și daci, geograful antic reia : „Neamul getic, care se ridicase atît de mult sub Boirebistas, a decăzut în cele din urmă din pricina răzmiriților și a romanilor. Totuși mai sînt în stare și acum să pună în linie pînă la 40 000 de oameni" (VII, 3, 12).

După ce afirmă că prin țara geto-dacilor, înțeleasă în totalitatea ei, trece rîul Marisos (Mureșul), care se varsă în Dunăre, Strabon adaugă imediat explicația că romanii „numesc Danuvius partea din sus a fluviului (Dunărea), dinspre izvoare, pînă la cataracte (Porțile de Fier), care în cea mai mare parte curge pe la daci, pe cînd partea din jos, pînă la Pont, care trece pe la geți, o cheamă Istros" (VII, 3, 13). Mai spune că „dacii și geții vorbesc aceeași limbă" și că geții „sînt mai bine cunoscuți de eleni, fiindcă se mută mereu de pe un mal pe altul al Istrului și fiindcă s-au amestecat cu tracii și cu moesii". Prin ultima aserțiune autorul înțelege că, locuind și în dreapta fluviului, în Dobrogea, geții veneau în contact direct cu elenii pontici. Mai departe, în același pasaj, revenind la efemera unificare a triburilor din vremea lui Burebista, precizează că „după ce numărul geților și dacilor crescuse atît de mult, încît puteau trimite la război pînă la 200 000 de oameni, acum s-au împuținat pînă la 40 000 și sînt pe cale să se supună romanilor. Nu sînt încă de tot în mîna acestora, fiindcă mai au nădejde în germani, care sînt dușmanii romanilor". În aceste comentarii din urmă, Strabon are în vedere numai una din cele cinci părți în care se împăr-

ţise pe vremea sa puterea de altă dată a lui Burebista, cifra redusă pe care o dă reprezentînd exact o cincime din efectivul maxim de mai înainte. Cît despre supunerea iminentă faţă de romani, nu era decît o iluzie a lumii romane din vremea lui Strabon, nutrită de ofensiva lui August spre Dunăre şi de succesele ei în Dobrogea şi în Panonia. De fapt, forţa dacilor din munţi avea, dimpotrivă, să dureze încă mai bine de un secol, crescînd în intensitate pînă la supremele ei manifestări din vremea lui Decebal. Germanii menţionaţi ca nădejde a geto-dacilor puteau fi atunci atît bastarnii din nordul Moldovei şi din Galiţia, cît şi neamurile suebice, ca marcomanii şi quazii, care se instalaseră în regiunile Cehoslovaciei de azi şi care vor duce permanent războaie cu romanii.

Cu privire la rolul eminent al lui Deceneu (Decaineos) de îndrumător moral al neamului geto-dac, susţinînd prin forţa credinţelor religioase pe Burebista, Strabon îl mai aminteşte într-un pasaj, unde, vorbind de situaţia de frunte a prorocilor pe lîngă conducătorii geţi, spune : „Pe cînd domnea la geţi Byrebistas, împotriva căruia divinul Caesar tocmai se pregătise de război, această cinste o avea Deceneu“ (VII, 3, 5). Iar în alt loc, tratînd tot despre înalta poziţie politică a profeţilor la diverse popoare, după ce îi citează pe eroii mitici ai tracilor din sud, Orfeu şi Musaios, adaugă : „Aşa cum era şi la geţi în vechime zeul Zamolxis, un pitagoreu, iar în vremea noastră Deceneu, care îi făcea preziceri lui Byrebistas“ (XVI, 2, 39).

Atitudinea persiflantă a lui Strabon faţă de reprezentanţii religiei geto-dace urmează tradiţia evhemeristă a autorilor greci mai vechi, care, încă de pe vremea lui Herodot, căutau să-l explice pe Zamolxis ca pe un fost sclav al lui Pitagora, divinizat ulterior de geţi. În realitate era vorba de un concept henoteist abstract al geţilor, pe care îl avuseseră în epocile lor primitive şi grecii, ca toţi indoeuropenii, dar pe care acum îl uitaseră atît de mult prin antropomorfizarea zeilor lor, încît nu-l mai înţelegeau cînd îl întîlneau în stare pură la un neam atît de conservativ în credinţele sale ca geto-dacii. Consecvent cu această lipsă de înţelegere a grecilor, Strabon caută să-l reducă şi pe Deceneu la rolul de simplu „vrăjitor“, cu nuanţa de „şarlatan“, inventîndu-i şi lui, ca şi imaginaru-

lui Zamolxis, o ucenicie la misticismul filozofilor pitagorei şi, firește, o imaginară călătorie în teocraticul Egipt, care le apărea grecilor ca leagănul credinţelor religioase.

În realitate, Deceneu practica riturile tradiţionale ale religiei locale, după reguli moştenite din strămoşi, fără să fi avut nevoie nici el, nici vreun altul din predecesorii săi să recurgă la învăţăturile lui Pitagora şi nici la influenţele egiptene, total străine credinţelor geto-dace. In ierarhia societăţii geto-dace, lui îi revenea un loc normal, pe care, chiar după cum lasă a înţelege Strabon, totdeauna îl deţinuse cineva. Un ecou al părerii autorilor greci despre Deceneu, provenind poate de la Dion Chrysostomos, din sec. I e.n., se regăseşte la Iordanes, un episcop creştin din sec. VI, de origine ostrogotă din Italia, care, dotat cu o mare erudiţie, dar lipsit de simţ critic şi pornind de la o confuzie grosolană între numele „geţi" şi „goţi", a adunat o seamă de ştiri mai vechi despre geţi într-o lucrare latină intitulată „De rebus Geticis" („Despre chestiunile getice"), sau, mai pe scurt, „Getica", închipuindu-şi că în acest fel împinge departe în trecut istoria propriului său neam gotic. Eroarea sa a fost însă binevenită pentru noi, fiindcă aşa au fost salvate de la uitare unele informaţii despre geto-daci, pe care nu le mai găsim la alţi autori. Despre Burebista ne spune prea puţin, dar insistă mai mult asupra lui Deceneu. Reproducem începutul pasajului respectiv din „Getica" lui (XI, 67) : „ Pe cînd domnea la «goţi» (adică la geţi) Burvista, a venit în «Goţia» (ţara geţilor) Dicineus, pe timpul cînd la Roma luase locul de frunte Sylla (82—79 î.e.n.). Pe acest Dicineus primindu-l Burvista, i-a dat o putere aproape regală *(pene regia potestas)*. După sfatul lui, «goţii» (=geţii) au prădat ţările germanilor, pe care acum le deţin francii". După o lungă frază despre puterea lui Caesar, care, deşi cucerise lumea, pe „goţi" n-a putut să-i subjuge, „cu toate desele sale încercări" (încercări pe care, de fapt, dictatorul roman nici nu apucase să le pună în practică), clericul ostrogot, vibrînd de mîndria iluziei sale etnice, insistă asupra autorităţii morale exercitate de Deceneu asupra „goţilor", cărora le-ar fi împărtăşit enciclopedice cunoştinţe superioare, dar nu mai pomeneşte de Burebista.

Afirmația lui Iordanes despre incursiunea lui Burebista pînă spre izvoarele Dunării, unde pe vremea acestui episcop se întindea regatul francilor merovingieni, coincide în general cu afirmațiile lui Strabon citate mai sus despre „nimicirea" celților danubieni, dar mai ales cu un alt pasaj al geografului grec (VII, 5, 2), unde, tratîndu-se despre ținuturile iliro-panonice dinspre Alpi, se reamintește că „o parte din acel teritoriu a fost pustiită de daci cu prilejul războiului lor împotriva boiilor și tauriscilor, neamuri celtice de sub conducerea lui Critasiros, dacii susținînd că acea țară ar fi a lor, cu toate că e despărțită de ei prin rîul Patisos (Tisa), care curge din munți spre Dunăre pînă la galații numiți scordisci". Tauriscii locuiau în Alpii austrieci, în vechiul Noricum, dar exista și o populație celtă cu nume asemănător, teuriscii, pe care Ptolemeu o menționează prin răsăritul Slovaciei și nord-vestul Daciei. Totuși, din precizările lui Strabon apare clar că Burebista și-a extins operațiile asupra întregii Panonii, unde locuiau boii, și că, prin urmare, a trebuit să atingă și teritoriile ocupate de tauriscii alpini, chiar dacă după aceea își va fi statornicit hotarele mai spre est. Fapt este că arheologia dovedește o răspîndire a civilizației geto-dace în sec. I î.e.n. în părțile danubiene ale Panoniei și în toată Slovacia, pînă la Bratislava.

Cu acestea încheiem seria citatelor din Strabon privitoare la Burebista și trecem la al doilea izvor de bază despre domnia acestui rege : inscripția de la Dionysopolis. E vorba de un decret al acestei cetăți emis în anul 48 î.e.n. în cinstea lui Acornion, fiul lui Dionysios, care a binemeritat recunoștința concetățenilor săi pentru servicii deosebite aduse în împrejurări pe care expunerea de motive din document le precizează. Inscripția, săpată în grecește pe o placă de marmură, a fost descoperită în orașul Balcic acum mai bine de șapte decenii și se păstrează la Muzeul de arheologie din Sofia. E mutilată la început și pe marginea stîngă, așa că unele expresii lipsesc cu totul sau au rămas din ele grupuri de litere greu de completat. Totuși cea mai mare parte din cele 49 de rînduri care s-au păstrat sînt întregi și se citesc clar. În traducere, conținutul lor este următorul :

„[Acornion al lui Dionysios a condus o solie] pe cheltuiala sa [...], călătorind departe, împreună cu tovarăşii săi de drum [...] ; ajungînd la Argedava, la tatăl [lui Burebista] şi întîlnindu-l, a obţinut în acelaşi timp de la el [bunăvoinţă pentru oraş... şi] a dezlegat poporul [de tributul datorat]. Devenind apoi preot al Marelui Zeu, a săvîrşit cu pietate procesiunile şi jertfele, iar din carnea jertfelor a împărţit şi cetăţenilor. Ales preot al zeului Sarapis, tot aşa a susţinut cheltuielile după cuviinţă şi cu tragere de inimă. Cum zeul eponim al oraşului, Dionysos, nu mai avusese preot de mai mulţi ani, iar el fiind aclamat de concetăţeni, s-a consacrat acestei slujbe şi, luînd coroana zeului, pe vremea cînd Caius Antonius îşi stabilise aci cartierul de iarnă, a îndeplinit procesiunile şi jertfele frumos şi măreţ, iar carnea le-a dat-o cetăţenilor din belşug. Şi luînd coroana zeilor din Samothrace pe viaţă, a săvîrşit procesiunile şi jertfele pentru iniţiaţii misterelor şi pentru oraş. Iar mai de curînd, devenind rege Byrebistas, cel dintîi şi cel mai mare dintre regii din Tracia, şi stăpînind toată ţara de dincolo de fluviu şi pe cea de dincoace, a ajuns şi la acesta în cea dintîi şi cea mai mare prietenie şi a obţinut cele mai bune foloase pentru patria sa, vorbindu-i totdeauna şi dîndu-i sfaturi în cele mai importante treburi şi atrăgînd bunăvoinţa regelui pentru mîntuirea oraşului. Iar în toate celelalte prilejuri s-a oferit fără cruţare întru îndeplinirea soliilor oraşului şi şi-a asumat fără şovăire sarcini primejdioase pentru a contribui în tot felul la binele patriei sale. Şi fiind el trimis ca sol de către regele Byrebistas la imperatorul roman Cnaeus Pompeius, fiul lui Cnaeus, şi întîlnindu-l pe acesta în Macedonia, pe la Heraclea Lyncestis, a dus la capăt nu numai treburile regelui, cîştigînd buna dispoziţie a romanilor faţă de rege, dar şi pentru patria sa a negociat cu foarte frumoase rezultate. Îndeobşte, în orice stare a împrejurărilor dăruindu-se cu trup şi suflet, luîndu-şi din ale vieţii pentru a susţine cheltuielile şi învigorînd din averea sa unele din dregătoriile oraşului, el arată cel mai mare zel pentru ridicarea patriei sale. Aşadar, pentru ca şi poporul să arate că cinsteşte pe bărbaţii cei mai buni şi destoinici şi care îi fac bine, Sfatul şi Poporul hotărăsc ca să fie lăudat Acornion al lui Dionysios pentru acestea şi să fie încununat

la sărbătorile lui Dionysos cu o coroană de aur și onorat cu o statuie de bronz, apoi să mai fie încununat și pe viitor, în fiecare an la sărbătorile lui Dionysos, cu coroană de aur și să i se dea pentru ridicarea statuii locul cel mai de vază din oraș".

Acest text epigrafic, confirmînd aserțiunile lui Strabon despre amploarea prestigiului lui Burebista, ne oferă știri noi, extrem de prețioase, pe care nu le găsim în nici una din scrierile păstrate de la autorii antici. Astfel, sînt inedite relatările despre tatăl lui Burebista, despre o reședință a sa cu numele de Argedava, despre iernarea lui C. Antonius la Dionysopolis, despre negocierile lui Burebista cu Pompeius și despre însești raporturile regelui get cu cetățile pontice. Despre expansiunea getică din timpul lui Burebista spre țărmul Mării Negre, Strabon nu pomenește nimic, probabil socotind-o, în calitatea sa de elen pontic, general cunoscută cititorilor săi și prea banală în raport cu expansiunea occidentală și meridională a geților, mult mai interesantă, fiindcă îngrijora în cel mai înalt grad însăși puterea romană. Pentru Burebista însă tocmai supremația asupra cetăților pontice era mai importantă, fiindcă dijmuirea activității lor economice îi asigura mari venituri. Această supremație este confirmată, în afară de decretul lui Acornion din Dionysopolis, prin inscripții din alte orașe grecești, precum și printr-o mărturie a lui Dion Chrysostomos.

O inscripție fragmentară din Mesembria (azi Nesebăr în Bulgaria) laudă pe niște comandanți militari din respectiva cetate pentru că s-au distins „luptînd în războiul împotriva lui Byrebistas". Un decret de la Histria e dat în cinstea lui Aristagoras al lui Apaturios, fiindcă acesta, „îndeplinind multe solii pentru cetate, a dus tratative în interesul cetățenilor cu barbarii care stăpînesc țara și fluviul (Dunărea)". De asemenea, textul decretului vorbește de consecințele grele ale loviturilor primite de cetate din partea acelor „barbari", al căror nume nu e precizat, precum nu e nici acela al conducătorului lor, dar care, avînd în vedere datarea inscripției în sec. I î.e.n. prin forma literelor, nu ar putea fi decît geții lui Burebista. Aluzii similare pot fi bănuite și în alte inscripții, din Olbia, Apollonia, Tomis, dar cu un grad de certitudine mult mai scăzut.

În schimb, intrarea tuturor cetăților din „Pontul Stîng" (coasta de vest a Mării Negre) sub dominația lui Burebista este clar atestată de menționatul Dion Chrysostomos (=„gură de aur"), un retor grec din Prusa, în Bitinia, care, exilat de împăratul Domițian, a trăit cîtva timp în orașele pontice, în preajma geților, și se pare că a fost și oaspetele lui Decebal, scriind o carte despre „Istoria geților", din nefericire pierdută. Au ajuns pînă la noi doar o culegere de „Discursuri", din care remarcăm un pasaj referitor la orașul Olbia, sau Borysthenes, de pe limanul Bugului (la Porutino, nu departe de Nikolaev, în R. S. S. Ucraina), unde autorul a călătorit prin anul 95 e.n. Povestind că acest oraș suferise adesea atacuri din partea „barbarilor", el adaugă (XXXVI, 1) : „Ultima și cea mai îndelungată cucerire s-a întîmplat nu mai departe decît acum o sută cincizeci de ani, cînd geții au luat și acest oraș, și celelalte orașe din Pontul Stîng, pînă la Apollonia" (adică pînă la Sozopoli, lîngă Burgas, în Bulgaria). Mai departe, vorbind de urmările nimicirii Olbiei de către geți, continuă: „După ce fuseseră cuceriți, borysthenițiii și-au reînființat orașul, cu ajutorul sciților pe cît mi se pare, aceștia avînd nevoie de negoțul și de navigația elenilor; căci elenii încetaseră de a mai veni cu corăbiile din moment ce orașul fusese distrus, deoarece nu aveau oameni de aceeași limbă care să-i primească, iar sciții nici nu țineau, nici nu se pricepeau să întocmească un tîrg după felul elenilor. O dovadă a decăderii este starea proastă a caselor reconstruite și restrîngerea orașului la o vatră mică". Numele lui Burebista nu e pomenit în textul respectivului „Discurs", dar cei o sută cincizeci de ani precizați, raportați la data cînd autorul a vizitat Olbia, ne duc în preajma anului 55 î.e.n., deci în epoca de apogeu a lui Burebista.

Revenind la inscripția lui Acornion de la Dionysopolis, trebuie să atragem atenția că întregirile de la început, cuprinse între paranteze unghiulare, sînt mai mult sau mai puțin ipotetice. După menționarea Argedavei, apare sigur cuvîntul „tată", dar că ar fi vorba anume de tatăl lui Burebista e numai o conjectură modernă, de altfel general acceptată. Ne obligă la această interpretare nu numai logica firească a lucrurilor, nefiind chiar anormal ca Burebista să fi succedat propriului său părinte, dar mai ales

nuanța expresiei „și la acesta", privind prietenia găsită de Acornion la Burebista și reprezentînd o evidentă simetrie cu expresia similară referitoare „la tatăl". Mai puțin asigurată este completarea a ceea ce a obținut Acornion de la acest tată regal. Desigur, „bunăvoință", dar trebuie să fi fost și altceva mai efectiv, ce ne scapă cu desăvîrșire. De asemenea, nu știm de ce sarcină anume va fi fost „dezlegat poporul dionysopolitan". De cheltuielile soliei prin filotimia lui Acornion ? Dar ar fi o repetiție inutilă, fiindcă s-a spus, la începutul frazei respective, că acesta a plecat pe cheltuială proprie. De tribut prin bunăvoința regelui ? Am completat în acest mod, dar trebuie să accentuăm că e vorba numai de o conjectură, căci, oricum, este senzațional, deși foarte posibil, ca predecesorul lui Burebista să fi avut încă de pe atunci drept de tribut asupra uneia din cetățile pontice și să fi preferat a-și atrage devotata ei recunoștință renunțînd cu mărinimie la acest drept.

Fapt este că Dionysopolis avea multă nevoie de asemenea milostiviri. Starea lui economică trebuie să fi fost foarte precară, ținînd seama de împrejurările grele prin care trecea pe atunci, ca toate orașele pontice, mereu amenințat de atacuri de pe uscat și de pirați, mereu cu grija de a-și căuta protectori, cu atît mai pretențioși cu cît erau mai puternici. Acornion, pentru a merita onorurile acordate de concetățenii săi, aproape se ruinează în cheltuieli. Este impresionantă insistența cu care, în mod repetat, se laudă generozitatea lui de a fi împărțit concetățenilor carnea jertfelor religioase, în cantități mari. Se vede că pentru cei mai mulți dintre dionysopolitani acest aliment devenise foarte rar. Iar menționarea iernării armatei romane a lui C. Antonius Hybrida la Dionysopolis n-are alt rost decît de a sublinia valoarea gestului lui Acornion de a-și fi asumat costisitoarea sarcină a preoției dionysiace tocmai în vremea cumplitei pauperizări pe care trebuie să o fi adus cetății pacostea găzduirii acestei armate și lăcomia verosului ei comandant, prea bine cunoscut pentru procesele de abuzuri cărora avea să le facă față ulterior la Roma. Prin excesivele sale stoarceri de bani, acest proconsul provocase revolta cetăților din Pontul Stîng, intrate sub oblăduirea romană în anul 72 î.e.n. Acum,

în iarna anului 62, venind la fața locului pentru a le pedepsi, se instalase la Dionysopolis, urmînd ca în primăvara următoare să intre în acțiune. Dar lucrurile s-au sfîrșit rău pentru el, fiindcă, bătut lîngă Histria de milițiile elenilor și de contingentele bastarnilor și geților, a trebuit să părăsească Dobrogea în chip rușinos, lăsînd cîmp liber acțiunilor pontice ale lui Burebista, care abia de acum înainte avea să intre în scenă. Pomenind despre tatăl lui Burebista ca un conducător al geților înainte de anul 62 și despre domnia lui Burebista însuși numai după acest an, inscripția lui Acornion, care expune faptele, ca de obicei, în ordine cronologică, exclude definitiv știrea lui Iordanes că această domnie ar fi început încă din 82 î.e.n. (o dată cu dictatura lui Sylla la Roma).

Un eveniment de o mare însemnătate pe care ni-l relevă documentul epigrafic din Dionysopolis este intervenția lui Burebista în conflictul dintre Caesar și Pompeius, complet trecută sub tăcere în alte izvoare. Căci nu poate fi nici o îndoială că obiectul tratativelor duse de Acornion cu Pompeius fusese această intervenție, Burebista oferindu-se să trimită trupe împotriva lui Caesar în schimbul unor avantaje, printre care avem dreptul să bănuim în primul rînd respectarea cuceririlor getice din Pontul Stîng de către Pompeius. Victoria definitivă a acestuia în acel moment părea certă. Se afla în Macedonia, la Heraclea Lyncestis, prin luna iunie a anului 48 î.e.n., în plină desfășurare a războiului, după succesul său de lîngă Dyrrhachium. Trupele sale, biruitoare, mult superioare celor romane ca număr, subsistență și perspective, îl proclamaseră *imperator*, titlu pe care inscripția de la Dionysopolis îl menționează. Știm că, plin de o prematură încredere, el anunțase tuturor regilor vecini această primă izbîndă, desigur, sugerîndu-le să i se alăture. Acum Burebista răspundea acestei sugestii cu toată convingerea. N-avea decît de cîștigat contribuind la adîncirea dezbinării lăuntrice a puterii romane și luînd partea beligerantului care se sprijinea pe Orientul elenistic, străveche țintă a orientării economice și spirituale a daco-geților, împotriva aceluia care reprezenta Occidentul, baza autentică a lumii

romane, dușmană hotărîtă a năzuințelor daco-getice. La fel vor proceda urmașii săi în războaiele civile ulterioare, aliindu-se împotriva lui Octavian mai întîi cu ucigașii lui Caesar, apoi cu Marcus Antonius. Dar acum evenimentele aveau să se precipite în mod surprinzător, raportul de forțe dintre cei doi adversari romani fiind curînd și în mod decisiv răsturnat prin victoria lui Caesar la Pharsalos, unde armata lui Pompeius a fost zdrobită înainte ca să fi putut primi ajutorul getic. Faptul că inscripția lui Acornion nu face nici o aluzie la acest deznodămînt și că menține celui învins titlul de imperator este o dovadă că datează chiar din vara anului 48 î.e.n., fiind scrisă imediat după întoarcerea solului dionysopolitan de la Heraclea Lyncestis și înainte de 9 august, ziua bătăliei de la Pharsalos.

Caesar putea să se felicite că trupele sale n-au avut de luptat cu forțele geților, oțelite prin disciplină și fanatism. Dar nu e mai puțin adevărat că amenințarea uriașei puteri făurite de Burebista continua să obsedeze opinia publică din Roma. Vedem răsunînd ecouri ale acestei stări de spirit în scrierile despre acele evenimente. De pildă, Lucanus, în poemul său „Pharsalia", îl pune la un moment pe un roman să declare că preferă unui război civil chiar cele mai mari calamități externe, dînd ca exemplu eventualitatea unor atacuri din partea dacilor și a geților (II, 52—54) într-un loc, îl face pe Cato să exclame : „Feriți-ne, zei cerești, ca, printr-un dezastru care i-ar pune în mișcare pe daci și pe geți, Roma să cadă, iar eu să mai rămîn teafăr" (II, 295—297), iar spre sfîrșit, un personaj spune : „Zeii ne-au ferit : pe țărmurile Latiului n-a pătruns furia Răsăritului și nici n-a năvălit sarmatul cel sprinten împreună cu panonii și cu dacii și geții" (III, 93—95).

De fapt, după victoria sa în războaiele civile, ceea ce îl preocupa în primul rînd pe Caesar era problema getică. Pregătise o mare expediție împotriva lui Burebista, trupele necesare, cuprinzînd un efectiv de 16 legiuni și 10 000 de călăreți, erau concentrate în Macedonia și el tocmai era gata să plece din Roma pentru a se pune în fruntea lor, cînd a fost asasinat de adversarii săi, la 15 martie din anul 44 î.e.n. Despre proiectul său pomenește Strabon în pasajele pe care le-am văzut mai sus și îl confirmă ne-

numărați alți autori, ca Titus Livius, Velleius Paterculus, Suetoniu, Plutarh, Appian. Ultimul, cel mai explicit, spune în cartea sa „Războaiele civile" (II, 110) : „Caesar se gîndea la o mare expediție împotriva geților și a parților ; intenționa să-i atace întîi pe geți, un neam vecin, de o viață aspră și iubitor de război". Apoi, după ce vorbește de uciderea dictatorului roman și de intrigile care au urmat — senatul urmărind ca armata pregătită de Caesar să fie îndrumată spre Siria împotriva parților, sub comanda lui Dolabella, spre a fi luată din mîna lui Marcus Antonius —, Appian povestește următorul episod, caracteristic pentru atmosfera momentului, apăsată de amenințarea getică (III, 25) : „Deodată se răspîndi vestea că geții, care aflaseră de moartea lui Caesar, ar fi năvălit pentru a prăda Macedonia, iar Marcus Antonius ceru senatului comanda armatei pentru a-i respinge pe geți, pentru că împotriva geților o pregătise Caesar mai întîi și în al doilea rînd împotriva Parției, iar Parția era deocamdată liniștită. Senatul suspectă însă zvonul și trimise delegați la fața locului ca să cerceteze. Aceștia, întorcîndu-se, spuseră că n-au văzut geți în Macedonia, adăugînd, fie că era adevărat, fie că așa îi povățuise Antonius, că exista totuși teama ca geții să nu se năpustească asupra Macedoniei dacă armata ar fi pornită în altă parte". Acest motiv păru atît de firesc și de întemeiat, încît Marcus Antonius obținu armata dorită, pe care însă n-o duse spre Dunăre, cum pretextase, ci în Italia, pentru scopurile sale personale.

Am expus pînă aci tot ce s-a păstrat scris din antichitate despre Burebista. Reprezintă destul pentru a lua cunoștință de considerabila sa poziție în conjunctura istorică a epocii, de întinderea vastă a cîmpului său de acțiune, de impunătoarele forțe de care dispunea, de suverana sa autoritate, de capacitatea sa extraordinară de a conduce și a organiza. E prea puțin însă pentru a răspunde unei mulțimi de probleme, pe care aceste pasionante constatări le ridică la tot pasul. Am vrea să știm ceva despre caracterul său, despre familia sa, despre gradul său de cultură, despre țelurile politicii sale, despre locul său de origine, despre felul cum s-a ridicat etc. La toate aceste întrebări și la multe altele, izvoarele scrise care se cunosc pînă acum nu dau nici un răspuns. Nu-i

rămîne istoricului decît să le pătrundă slova cît mai adînc, pentru a scoate cît mai mult din înțelesurile care mai pot exista ascunse printre rînduri, servindu-se în acest scop de o metodă critică strictă, cu ajutorul căreia să urmărească deopotrivă concordanța reciprocă a diferitelor știri din autori și inscripții, încadrarea lor în sensul general al evenimentelor din acel timp și corespondența lor cu rezultatele cercetărilor arheologice.

Cu deosebire arheologia, prin caracterul concret și direct al rezultatelor sale și prin extinderea continuă a cîmpului său de cercetare, îndreptățește și aci, ca în toate problemele istorice, cele mai temeinice speranțe. Nu e vorba numai de eventualitatea descoperirii unor noi inscripții despre faptele și persoana lui Burebista, care sînt mereu de așteptat de la săpăturile arheologice, ci mai ales de îmbogățirea și adîncirea cunoștințelor despre cultura geto-dacă din acel timp, despre gradul ei de dezvoltare, despre condițiile economice, sociale, geografice ale formării și evoluției ei etc.

De la Vasile Pârvan, care cel dintîi a căutat să reconstituie această cultură, scriind monumentala „Getica", cercetările sistematice pe teren cu privire la cultura geto-dacă n-au încetat nici un moment de a-și lărgi orizontul, de a-și perfecționa metodele, de a aduce rezultate din ce în ce mai numeroase și mai concludente, mai cu seamă în anii regimului nostru de democrație socialistă, cînd aceste cercetări s-au intensificat în proporții considerabile, bucurîndu-se din partea autorităților de stat și de partid de un sprijin moral și material în proporții care mai înainte n-ar fi putut fi nici măcar imaginate. Azi avem identificate pe harta patriei noastre sute și sute de puncte arheologice referitoare la epoca geto-dacă, dintre care multe stăruitor cercetate, ca Piscul Crăsanilor, Tinosul, Zimnicea, Popești, Cetățeni — în Muntenia ; Celei-Sucidava, Polovragi — în Oltenia ; Poiana-Piroboridava, Bărboși, Calu, Bîtca Doamnei, Bradu, Stănceşti, Moșna — în Moldova ; Satu Nou, Murighiol, Cernavoda — în Dobrogea ; Pecica-Ziridava în Crișana, Mediașul Aurit în Maramureș, și ca importantele cetăți din Transilvania : Grădiștea Muncelului (celebra Sarmizegetusa Regia), Costești, Blidaru, Piatra Roșie, Bănița, Căpîlna, Tilișca,

Piatra Craivii, care sînt special reprezentative pentru avîntul statului dac din munți în epoca lui Decebal.

Studiul descoperirilor arheologice dovedește că în epoca lui Burebista cultura geto-dacă a înregistrat nu numai o mare expansiune în spațiu, dar și un puternic avînt calitativ. Această cultură, pornind de la formele primei epoci a fierului și începînd a-și pronunța unele caractere specifice încă din sec. VI î.e.n., și-a accelerat ritmul de dezvoltare mai ales începînd din sec. III î.e.n., sub stimulentul raporturilor economice din ce în ce mai asidue cu orașele elene din Pontul Stîng și al legăturilor etnice și politice cu tracii din sudul Dunării, care, înconjurați aproape din toate părțile de principalele focare ale elenismului, s-au ridicat mai devreme decît geto-dacii pe treptele progresului.

Rolul factorului elenic în intensificarea progreselor realizate de geto-daci e de o mare importanță pentru a fixa regiunea unde s-au manifestat mai întîi aceste progrese și de unde apoi s-au răspîndit pe tot întinsul spațiu al triburilor geto-dace. Această regiune nu poate fi căutată decît în sudul și răsăritul Daciei, cu deosebire în Cîmpia Română și în Moldova de Jos. Axa principală a legăturilor economice cu orașele pontice era Dunărea. Era firesc ca, în activitatea lor negustorească, aducînd pe corăbii produsele superioare ale civilizației lor pentru a le schimba cu bogățiile locale (grîne, piei, lînă, brînzeturi, miere și adesea sclavi), grecii să fi venit în contact mai întîi cu geții de pe malurile acestui fluviu și, prin ei, să-și fi răspîndit mărfurile mai departe, pe văile numeroaselor rîuri ce străbat Muntenia și Moldova în sensurile cele mai prielnice unei circulații spre Carpați. Și tot atît de firesc este ca geții din șes să fi beneficiat mai de vreme și mai intens decît frații lor daci din munți de progresele generate de acest contact.

Fapt este că așezările getice dinspre Dunărea de Jos, care au făcut pînă acum obiectul unor săpături sistematice, prezintă, în raport cu toate așezările din lumea geto-dacă, cele mai vechi și mai numeroase dovezi ale penetrației grecești, ale asimilării active a influențelor elenice de către populația locală, ale creșterii mijloacelor de producție și producției locale de mărfuri, ale dezvoltării meșteșuguri-

lor și schimburilor intertribale. Inevitabil, aci au trebuit să apară pentru prima oară și consecințele sociale ale acestor progrese economice, ca proprietatea individuală asupra bunurilor mobile, tinzînd și spre aceea asupra pămîntului, diviziunea socială a muncii, prin apariția de categorii speciale de meșteșugari și negustori, munca prin sclavi, adîncirea diferențelor dintre clase, necesitatea organizării de uniuni tribale întinse în forme durabile, tendința democrației militare de a face loc statului.

Nu e de mirare că între cele două principale nuclee politice pe care le înregistrează istoria geto-dacilor, aceea a dacilor din Carpați și aceea a geților de la Dunăre, ultima apare pe scena istoriei cu cel puțin patru secole înaintea celeilalte. Geții de la Dunărea de Jos, din Dobrogea, sînt aceia care s-au opus, singurii din toată Tracia, marii armate persane a lui Darius, cu prilejul expediției acestuia împotriva sciților prin anul 512 î.e.n. Dacă au cutezat s-o facă, nu poate fi numai din cauza forței lor morale, lăudată de Herodot, ci pentru că aveau conștiința numărului lor, sporit prin solidaritatea cu triburile din stînga fluviului. Vedem aceste triburi, în secolele următoare, unite în acea formațiune impunătoare care, sub conducerea unui anonim *rex Histrianorum* („regele dunărenilor"), la anul 339 î.e.n. se împotrivește cu eficacitate sciților lui Ateas, pentru ca numai patru ani mai tîrziu, sub un urmaș al acestui conducător, să i se opună lui Alexandru Macedon, prin șesurile Teleormanului ori ale Romanaților, iar în anul 326 î.e.n., pe cînd Alexandru se afla în inima Asiei, să-i producă generalului lăsat de acesta în Tracia, Zopyrion, o înfrîngere dezastruoasă la nord de gurile Dunării. Aceeași uniune de triburi, prin anii 300 și 292 î.e.n., sub conducerea abilului Dromichete, a obținut răsunătoare succese împotriva lui Lisimah, regele elenistic al Traciei. În cursul secolelor III—II î.e.n., această formațiune a continuat a se întări și a se dezvolta, mereu în legătură cu cetățile elene de la Marea Neagră, pentru ca în secolul I î.e.n. s-o vedem intervenind împotriva primelor afirmări ale puterii romane în Pontul Stîng, mai întîi în alianță cu Mitridate, apoi ca parte din marea putere politică a lui Burebista. Dacii din munți sînt pomeniți pentru prima dată prin preajma anului 200 î.e.n., în știrile înregistrate de

Pompeius Trogus (și transmise prin Iustinus) despre luptele conducătorului dac Oroles cu bastarnii și apoi despre formarea unei puteri dace sub regele Rubobostes, desigur, șeful unei noi uniuni de triburi din Transilvania, pe la începutul secolului II î.e.n. Istoricul roman îi menționează pe daci ca pe o noutate despre care nici un autor elenic nu avusese știre mai înainte, ținînd să explice că sînt bune rude cu cunoscuții geți *(suboles Getarum)*.

Cînd a apărut Burebista, în lumea geto-dacă existau atît vechea uniune de triburi a geților de la Dunărea de Jos, cît și aceea mai recentă a dacilor din Transilvania. Cum stăpînirea sa nu se formase prin cucerirea pe rînd a unei puzderii de triburi separate, căci în acest caz nu s-ar fi putut realiza atît de repede, ci din unirea unor formațiuni politice mai întinse deja constituite, anume a celor patru părți în care această stăpînire avea să se desfacă după moartea sa, precum spune Strabon, rezultă că trebuie să contăm pe încă două uniuni de triburi, ale căror numiri și situații geografice ne rămîn cu totul necunoscute. Cel mult putem să presupunem că ar fi vorba de triburile din Maramureș și Slovacia de o parte, de cele din Galiția și Moldova de Nord de alta, incluzînd probabil și populații de alt neam, ca bastarnii, de pildă, care, după primele ciocniri cu Oroles, ajunseseră la un echilibru cu geto-dacii și chiar la o strînsă colaborare, constant manifestată în sec. II—I î.e.n. împotriva romanilor.

Căreia din cele patru uniuni de triburi îi aparținuse Burebista la origine? Cele două presupuse formațiuni anonime din nord se exclud din discuție din capul locului, din cauza caracterului lor periferic și a lipsei de importanță istorică pînă atunci. Rămîn uniunea geților și cea a dacilor. Sub impresia poziției centrale a acesteia din urmă, în coroana de munți a Transilvaniei (*corona montium*, cum spune Iordanes), miez al unității naturale a pămîntului Daciei, și sub covîrșitorul sentiment de măreție pe care îl impun soliditatea statului dac din vremea lui Decebal și epica sa rezistență împotriva cuceririi romane, se tinde a se vedea în Burebista un strămoș direct al acestuia și, în măsura în care se pune problema, să i se atribuie ca ținut de baștină munții Sarmizegetusei. Totuși susținerea acestei păreri e departe de a fi ușoară. Mai

mult, dacă ţinem seama că impresionantele cetăţi dace din Transilvania sînt în majoritate mai noi decît Burebista. iar cea mai veche dintre ele, Sarmizegetusa Regia, nu poate fi urcată înapoi în timp mai sus decît domnia lui, şi dacă, în sfîrşit, nu pierdem din vedere individualitatea regională a fiecăreia dintre cele două uniuni, getă şi dacă, şi renunţăm, aşa cum ne îndeamnă litera izvoarelor scrise, la a vedea în geţi şi daci un amalgam indistinct politic, nu mai rămîne nici un argument valabil în favoarea originii dace a adversarului lui Caesar.

Dimpotrivă, totul concordă în a postula ca patrie a sa aria uniunii de triburi getice din şesurile Dunării de Jos. Burebista n-ar fi izbutit să îndeplinească atît de punctual marile sale fapte dacă n-ar fi fost exponentul unor condiţii care nu numai le favorizau, dar i le impuneau. Or, asemenea condiţii nu erau atunci nicăieri în Dacia atît de îndelung pregătite şi atît de coapte ca în răsăritul getic, a cărui evoluţie istorică atinsese momentul cînd nu mai era aşteptată decît destoinicia unui mare organizator pentru ca formaţia politică a geţilor să devină baza unificării întregului neam geto-dac. Pe de altă parte, tendinţa de unitate era în atmosfera generală a timpului. Expansiunea lui Mitridate în jurul Pontului Euxin şi aceea a lui Ariovist în vestul germano-celtic o dovedesc. Era singura cale pentru a face faţă primejdiei romane, care îngrijora toate popoarele. Numai sub imperiul acestei grave ameninţări a putut Burebista să-i convingă atît de repede pe toţi geto-dacii să-i accepte conducerea, ceea ce ar fi obţinut mult mai greu numai prin forţa armelor. În schimb, cu atît mai mult a întrebuinţat această forţă în fruntea tuturor geto-dacilor după realizarea unirii, zdrobind pe duşmanii externi ai fiecăreia din părţile unite, care, singure, mai înainte nu putuseră s-o facă. Aşa a ajuns getul de la Dunărea de Jos pînă la Alpi, pînă la Balcani, pînă la Olbia.

În sprijinul originii getice a lui Burebista vine cu multă pondere sublinierea lui Strabon, care ţine să-l prezinte pe acesta ca „bărbat get". Această expresie precisă desigur ar fi sunat altfel dacă respectiva personalitate ar fi provenit din munţii dacilor. După cum am văzut, geograful antic cunoştea bine deosebirea dintre geţi şi daci,

definind-o exact și ținînd-o în seamă consecvent. De altfel, și celelalte izvoare mai sus citate fac tot timpul această distincție, inclusiv cele romane, care doar mai tîrziu vor generaliza numele dacilor trecîndu-l și asupra geților. Cu prilejul victoriei sale împotriva tracilor din Balcani și a geților din Dobrogea din anii 29—28 î.e.n., după moartea lui Burebista, proconsulul roman M. Licinius Crassus va căpăta triumful nu împotriva „dacilor", ci *ex Thraecia et Geteis*, așa cum scrie în „Fastele triumfale" păstrate pînă azi. Abia în testamentul lui August *(Res gestae Divi Augusti)*, scris în anul 13 e.n., vom vedea pentru prima oară înlocuit numele geților cu acela al dacilor. Dar la acea dată uniunea de triburi getice de la Dunărea de Jos ca unitate politică încetase să mai existe. Iar dacă la autorii greci din epocile ulterioare se va întîlni uneori (destul de rar) procedeul invers, de a se extinde asupra dacilor numele geților, va fi numai în virtutea unei tradiții livrești, sensul deosebirii regionale dintre cele două ramuri al aceluiași neam fiind de mult pierdut. Nu tot așa stăteau lucrurile însă pe vremea lui Burebista, cînd o atare generalizare abstractă ar fi apărut ca o confuzie contrazisă de realități.

Pe de altă parte, inscripția lui Acornion de la Dionysopolis, document direct, reflectînd noțiuni curente din acel timp, arată că Burebista devenise „cel dintîi și cel mai mare rege din Tracia", ceea ce ar fi fost imposibil să se spună despre un conducător dac din Transilvania, străin de Tracia balcanică, dar era foarte firesc pentru un conducător al geților de la Dunăre, care trăiau într-un strîns contact cu triburile trace din sud încă de la începutul secolului V î.e.n., cînd acele triburi formaseră, sub dinaștii odrișii, statul Traciei, extins pînă la gurile fluviului.

Un indiciu în plus, după părerea noastră, în favoarea originii getice a lui Burebista constă în știrea lui Strabon despre stîrpirea viilor, pe care acest conducător, cu sprijinul autorității religioase a lui Deceneu, o impusese supușilor săi din regiunea sa de baștină. Or, pe cît e de firesc să acceptăm cultura intensă a viței de vie în Muntenia getică, al cărei climat e așa de favorabil pînă azi acestei plante exotice, importată atunci nu de prea mult timp de la greci și de la tracii balcanici, pe atît de impo-

sibil ar fi să ne-o închipuim crescînd în munţii Sarmizegetusei şi foarte greu am putea-o vedea introdusă chiar în ţinuturile mai prielnice din interiorul Transilvaniei înainte de cucerirea romană. Că vinul se consuma în Cîmpia Română în cantităţi foarte mari se vede din frecvenţa deosebită a amforelor, vase specifice pentru transportul acestui apreciat lichid, contrastînd cu absenţa lor în Transilvania. Desigur, trebuie să avem în vedere şi dificultatea trecerii acestor vase peste munţi şi eventualitatea înlocuirii lor cu alte mijloace de transport, dar absenţa lor nu e mai puţin un indiciu de consum relativ mai redus. Iar apariţia amforelor de fabricaţie getică imitate după cele rhodiene şi foarte des întîlnite în staţiunile din centrul Munteniei tocmai în epoca lui Burebista poate fi luată ca o dovadă a vinificaţiei locale. Într-una din aceste staţiuni, la Popeşti, s-a găsit, pe o bucată de vălătuc ars, chiar urma imprimată a unei frunze de viţă.

De altfel, aşezarea getică de la Popeşti (comuna Novaci, raionul Drăgăneşti-Vlaşca), situată nu departe de Bucureşti, pe un lung pinten al terasei de pe dreapta rîului Argeş, prezintă o semnificaţie primordială pentru dezvoltarea culturii getice în vremea lui Burebista. Săpăturile executate acolo timp de mulţi ani au dovedit că e vorba de un important centru economic şi politic din sec. II—I î.e.n., scoţînd la iveală, între altele, resturile unei curţi „princiare" foarte întinse (ocupînd peste 2 000 m²), cu încăperi numeroase şi de destinaţii diferite, construite după un plan complicat, reflectînd o influenţă elenistică, dar în tehnica rustică tradiţională, cu lemn şi vălătuci, piatra lipsind cu totul în această regiune. În ce priveşte inventarul mobil al aşezării, el conţine — în afară de obiecte de import direct, ca amforele de Rhodos şi de Cos, vasele fine greceşti, sticlăria, podoabele de metal, monedele din Thasos, Dyrrhachium şi Apollonia, Odessos, Maroneia, Amisos, denarii romani republicani — o mare proporţie de elemente lucrate în atelierele locale după tehnica şi formele elenistice, ca chiupuri mari *(pithoi)*, boluri de tip delian cu decor în relief, amfore, ţigle, unelte de fier, imitaţii de monede reproducînd prototipuri macedonene, giuvaeruri de bronz, de argint, de aur. Nici o altă localitate getică din acelaşi timp nu denotă o dezvoltare atît de înaintată

a meșteșugurilor și a schimburilor de produse și nici o asimilare atît de profundă a influențelor meridionale. Așezarea de la Popești era, probabil, în aria getică principalul centru de producție a chiupurilor de provizii, care nicăieri nu apar cu atîta frecvență, a bolurilor menționate, cu decor în relief, a amforelor de imitație, cu ștampile anepigrafice, și singurul în care țiglele se foloseau curent pentru acoperișurile locuințelor.

Primatul calitativ al acestei așezări și situația sa centrală în zona păduroasă de altă dată din mijlocul Cîmpiei Române, la un punct semnificativ de pe valea Argeșului, pînă unde mărfurile venite pe Dunăre puteau continua a fi transportate pe apă, cu ambarcații ușoare, pentru a fi duse mai departe în sus cu mijloace terestre, ne-au sugerat eventualitatea identificării sale cu *Argedava*, reședința tatălui lui Burebista menționată în „inscripția lui Acornion" de la Dionysopolis. O serie de alte indicii concordă întru fundamentarea unei atare identificări.

Valea Argeșului reprezintă, printre văile numeroșilor afluenți ai Dunării care udă șesul Munteniei, drumul economic cel mai important și cel mai frecventat. Străbătînd în diagonală Cîmpia Română de la sud-est spre nord-vest, acest drum făcea legătura cea mai dreaptă dintre Dunăre și principalele pasuri ale Carpaților, înlesnind legăturile triburilor getice, pe de o parte, cu triburile dace din Transilvania, pe de alta, cu cetățile grecești din Pontul Stîng, mai ales cu cele din sudul Dobrogei și de pe litoralul Bulgariei actuale. Prelungind peste Dunăre direcția sa diagonală pe căile de uscat ale Dobrogei meridionale, se ajungea la Dionysopolis, adică se făcea exact traiectul cel mai scurt pe care îl aveau de urmat în sens invers soliile conduse de neobositul Acornion spre a ajunge la reședința regilor geți. Ideea de a căuta această reședință undeva pe valea Argeșului i s-a impus mai întîi lui Vasile Pârvan, care, precum arată în „Getica", avea în vedere, pe de o parte, precăderea acordată de Burebista politicii sale pontice, necesitînd o mai îndelungată ședere înspre Dunărea de Jos, pe de alta, coincidența toponimică a *Argedavei* cu numele Argeșului, care, precum tot neuitatul învățat demonstrase în mod convingător într-un studiu anterior, trebuie să se fi chemat cam la fel ca azi : *Argesis*, forma *Ordessos*, transmisă

de Herodot ca nume al rîului, avînd toate aparențele unei deformări eleno-scitice.

Bineînțeles, nu uităm că avem a face cu o ipoteză, care, oricît de puternic susținută de complexul împrejurărilor, nu este mai puțin lipsită de dovada peremptorie pe care numai precizia unei mărturii scrise ar putea-o aduce. Pînă la producerea unei asemenea mărturii, care poate fi sperată de la vreo întîmplătoare descoperire epigrafică pe viitor, dar pe care momentan nu putem conta, nu ne rămîne decît să observăm că, în stadiul actual al informației, așezarea de la Popești se prezintă ca punctul cel mai indicat pentru reședința tatălui lui Burebista, ținta primei călătorii a lui Acornion la geți, leagănul lui Burebista însuși. Curtea „princiară", ale cărei resturi au fost găsite în această așezare de pe malul Argeșului, are mulți sorți ca să fi fost casa natală a marelui cuceritor și locul de unde, ca succesor al părintelui său, a pornit la epocalele sale isprăvi.

O dată ajuns în fruntea uniunii triburilor geto-dacilor, primul gînd al lui Burebista a fost de a-și consolida puterea. Aceste năzuințe reies destul de limpede din inscripția lui Acornion, unde abilul diplomat grec este arătat nu numai cu sarcina de reprezentant al politicii externe a conducătorului get, dar și cu titlul de „primul și cel mai mare amic" al acestuia, exprimat printr-o formulă curentă în protocolul de atunci al regilor elenistici. Consecvent cu asemenea tendințe centralizante, era natural ca Burebista să schimbe vechea sa capitală din șesurile getice cu alta, făurită din temelie de el, într-un loc anume ales, cu o poziție inexpugnabilă, retrasă, dar la o potrivită distanță de toate hotarele vastei lui stăpîniri. Acest loc a fost găsit în munții din sud-vestul Transilvaniei, în inima masivului Orăștiei. Acolo, la Grădiștea Muncelului, pe înălțimi care nu mai văzuseră așezări omenești înaintea lui, a înființat *Sarmizegetusa*, refugiul suprem, mare cartier general al oastei sale, adăpost al averilor sale, mereu în creștere, sanctuar religios al întregului neam geto-dac.

Nici un document scris nu vorbește de transferarea centrului lui Burebista. Cum însă începuturile cetăților din munții Orăștiei se opresc pe la jumătatea secolului

I î.e.n., toți cercetătorii, începînd cu V. Pârvan, le atribuie marelui conducător get.

Cînd Burebista a căzut, reședința sa era la Sarmizegetusa. Strabon nu dă despre sfîrșitul lui altă informație decît că „a fost răsturnat de niște răsculați". Nu vorbește de un asasinat, dar se înțelege că un conducător puternic ca Burebista n-ar fi putut fi înlăturat în alt mod. Exemplul suprimării lui Caesar trebuie să-i fi inspirat și pe ucigașii daco-geți. Moartea sa s-a produs sigur după a rivalului său roman. Altminteri, după dezmembrarea statului geto-dac, proiectul lui Caesar de a începe cu geții expediția sa orientală, mobilizînd împotriva lor forțe atît de mari ca cele concentrate în Macedonia cu puțin înainte de a fi omorît, n-ar mai fi avut rost. Și nici panica întreținută la Roma, imediat după moartea lui Caesar, de zvonurile despre o invazie getică în Macedonia, atît de abil speculate de Marcus Antonius, n-ar fi explicabilă dacă Burebista n-ar mai fi fost în viață și forța geto-dacă n-ar mai fi fost unitară. În schimb, în anul 42 î.e.n., cînd în războiul civil al lui Octavian și Marcus Antonius împotriva lui Brutus intervin geții (ori dacii) de partea acestuia din urmă, ei nu mai sînt conduși de Burebista, ci de un Coson. Deci Burebista trebuie să fi pierit între anii 44—42 î.e.n. Aserțiunea lui Strabon că evenimentul s-a produs „înainte ca romanii să fi pornit o armată împotriva lui" nu contrazice această datare, sensul ei fiind doar că expediția proiectată de Caesar n-a mai avut loc.

„Răsculații" care l-au răpus pe Burebista trebuie să fi fost șefii celor trei uniuni de triburi regionale care, după ce primiseră unirea cu triburile sale getice, acum voiau să se separe. Motivele esențiale ale acestei rebeliuni nu sînt greu de ghicit. Tendința lui Burebista de a-și întări autoritatea în forme monarhice și de a organiza un stat centralizat trebuie să fi dat naștere la nemulțumiri adînci într-o lume care nu cunoscuse pînă atunci decît autonomia tribală. Pe de altă parte, asasinarea lui Caesar și perspectivele unor noi războaie civile la Roma apăreau ca suficiente semne că amenințarea romană nu mai era atît de iminentă, încît să justifice unirea neamului geto-dac cu sacrificiul intereselor particulare ale diverselor triburi. Cu deo-

sebire aristocrațiile tribale trebuie să fi fost foarte sensibile la perspectiva de a-și vedea privilegiile căzute în folosul unei autorități centrale.

ARHEOLOGIA SE MODERNIZEAZĂ

Evenimentele petrecute în milenara istorie a omenirii sînt aduse azi la lumină prin străduința celor ce studiază neobosit, cu stăruință și migală, vestigiile trecutului. Sub privirea mirată a neofitului, arheologul „citește" în piatră și lut acest trecut îndepărtat. Și cînd spunem „citește", nu ne gîndim la o figură de stil. Pentru că un crîmpei dintr-o stelă, cîteva cioburi aparent fără importanță, rămășițele unui foc de tabără, două-trei unelte din silex grosolan cioplite sînt pentru el mai mult decît mărturii scrise. Sînt elemente care-i permit să reconstituie pas cu pas prefacerile și evenimentele ce au avut loc cu mii și zeci de mii de ani în urmă. Ele îi spun în ce stadiu de dezvoltare se găseau oamenii în perioada cercetată, cum se hrăneau, cum se îmbrăcau etc.

Obiectul științei arheologice din zilele noastre este: sesizarea, descoperirea, studierea și valorificarea istorică a rămășițelor păstrate în pămînt (dar, uneori, și la suprafața lui) în vederea reconstituirii, pe baza indicațiilor precise oferite de acestea, a istoriei dezvoltării societății omenești.

Importanța acestei noi discipline științifice se remarcă îndeosebi atunci cînd este vorba de studiul comunei primitive, a acestei epoci străvechi, cînd încă nu apăruse scrierea. Pentru studiul acestei epoci, ea reprezintă cel mai important izvor, căci aduce la lumină elemente ale culturii materiale aparținînd unor popoare demult dispărute. Dar arheologia vine și în ajutorul celor ce studiază epoci mai apropiate de zilele noastre, cum ar fi, de pildă, cea medievală.

Studiind obiectivele rămase din timpuri străvechi sau din vremuri mai apropiate, într-un cuvînt cultura materială a unei epoci, arheologul reconstituie treaptă cu treaptă viața omului din epoca cercetată. Dintre toate obiectivele descoperite, uneltele de muncă au cea mai mare importanță pentru cercetarea trecutului. Vorbind despre acestea, K. Marx le dă o deosebită apreciere în lucrarea sa „Capitalul": „Aceeași importanță pe care o are forma resturilor de oase pentru cunoașterea conformației speciilor de animale dispărute, o au și resturile mijloacelor de muncă pentru aprecierea formațiunilor economice dispărute ale societății. Epocile economice se deosebesc nu prin ceea ce se produce, ci prin modul cum se produce, cu ce mijloace de muncă. Mijloacele de muncă indică nu nu-

mai gradul de dezvoltare a forței de muncă omenești, dar și relațiile sociale în cadrul cărora se muncește".

Pentru descoperirea importantelor puncte arheologice, cercetătorul pornește de la cele mai diverse surse. În trecut acestea erau în special legendele. „Iliada" și „Odiseea" i-au sugerat lui Heinrich Schliemann ideea că în partea de nord-vest a Asiei Mici va găsi vestita cetate a Troiei. Și, într-adevăr, după eforturi susținute, renumitul arheolog a găsit aici Troia — teatrul legendarului război dintre Priam și Agamemnon.

În ultimele decenii arheologia a căpătat sprijinul tehnicii, îmbogățindu-se cu o serie de noi metode de cercetare, care pot fi clasificate în două mari categorii :

1) metode tehnice pentru prospectarea urmelor arheologice ; și
2) metode tehnice utilizate la precizarea cronologică a unor materiale arheologice.

La 5 decembrie 1954 a avut loc la Roma prima consfătuire care a adunat la aceeași masă pe arheologi și tehnicieni în vederea descoperirii de noi metode pentru cercetarea arheologică. Convocată din inițiativa Fundației Lerici, de pe lîngă Politehnica din Milano, consfătuirea a avut drept scop prezentarea unor lucrări noi în domeniul prospectării arheologice. Din 1955 arheologii membri ai Fundației Lerici folosesc cele mai noi cuceriri ale tehnicii și au obținut rezultate deosebit de valoroase. Urmărind a demonstra necesitatea folosirii în prospectarea arheologică a acestei noi realizări tehnice, în 1964 s-a luat hotărîrea ca Fundația Lerici să organizeze în fiecare an cursuri internaționale la care să participe arheologi și tehnicieni din diferite țări. Dar care sînt și în ce constă noile metode de prospectare arheologică ?

Una dintre noile metode o formează cea geochimică. Se știe că prospecțiunile geochimice au drept scop depistarea zăcămintelor utile de minerale. La metoda de prospectare geochimică a urmelor arheologice s-a ajuns datorită faptului că s-a constatat că în locurile unde au existat așezări antice fertilitatea solului este mult mai ridicată, aceasta datorită cantității sporite de elemente nutritive rezultate din dejecțiile animale. Dintre substanțele chimice fertilizante rezultate din substanțele organice ale dejecțiilor, anhidrida fosforică și oxidul potasic asimilabil sînt două substanțe care rezistă acțiunii îndelungate a factorilor meteorologici (ploaie, zăpadă), lucrărilor agricole și pot fi depistate prin analize chimice. Luînd probe de sol și depistînd pe cale analitică aceste substanțe, arheologul — mînă în mînă cu chimistul — trage concluzia că pe porțiunea de teren de pe care s-au luat probele a existat cîndva o așezare. Deci se pot face săpături.

Deși scumpă, metoda a dat rezultate. De pildă, datorită celor aproape 8 000 de probe luate în jurul Stockholmului (probe luate cu totul în alt scop), s-au putut descoperi importante zone locuite în paleolitic, în epoca bronzului și în prima vîrstă a fierului.

O altă metodă modernă de prospectare arheologică o con-

stituie cea bazată pe măsurarea rezistenței electrice a scoarței. Dacă într-o anumită regiune se constată o anomalie electrică, arheologul conchide că acolo trebuie să existe un depozit arheologic.

Aparatura folosită, destul de simplă, permite înregistrarea pe hîrtie milimetrică a punctelor unde rezistența electrică a terenului se schimbă brusc, fapt care duce la construirea unei diagrame de rezistivitate.

Metoda este eficace și economică, oferă rezultate foarte bune, putînd fi utilizată tot anul, în afară de iarnă.

O altă categorie de prospecțiuni o formează cele magnetice, bazate pe măsurarea cîmpului magnetic dintr-o regiune. În ce constă această metodă? Se știe că în scoarța pămîntului există oxizi de fier. Particulele de oxid se comportă ca niște veritabili magneți. Dar ei nu sînt orientați, ci așezați la întîmplare, deoarece magnetismul lor se neutralizează reciproc. Dacă însă o porțiune de teren este supusă acțiunii căldurii (de ordinul cîtorva sute de grade Celsius), particulele de oxid de fier tind să se orienteze pe meridianul magnetic local. Iar odată orientate, ele rămîn așa. Acest fenomen poartă numele de efect termomagnetic. Cu ajutorul lui, arheologul poate depista locurile unde se găseau în trecut așezările distruse prin incendiu, cuptoarele antice, cuptoarele casnice etc., adică punctele unde, datorită căldurii intense, s-a produs o „reorganizare" a particulelor de oxid de fier.

Tot anomalii magnetice apar și acolo unde omul construiește edificii, sapă șanțuri sau chiar face agricultură. Cum în astfel de cazuri anomaliile magnetice sînt mult mai slabe, este necesar să se folosească aparataj sensibil, ca, de pildă, magnetometrul cu protoni.

Iată cîteva din metodele moderne folosite de arheologi pentru a depista vestigiile ascunse sub pămînt. Nu sînt singurele, căci în ultimii ani au apărut tot mai multe. Unele folosesc proprietățile cîmpului electromagnetic creat artificial, altele undele ultrasonore etc.

Arheologia subacvatică a fost și ea înzestrată cu submarine speciale, ca acela construit în S.U.A. De dimensiuni mici, neatingînd nici 5 metri lungime, submarinul poate lua la bord doi cercetători, care pot efectua în cîteva minute un volum de muncă echivalent cu cel prestat în cîteva săptămîni de scafandri.

Un alt domeniu în care tehnica și-a spus cuvîntul este acela al datării obiectelor descoperite. Astăzi se folosesc metode radioactive, ca aceea bazată pe conținutul în carbon 14, existent în orice corp de origine organică.

Metoda radiocarbonului, descoperită în 1949 de prof. W. F. Libby de la Universitatea din Chicago, se aplică azi în toate laboratoarele lumii pentru datarea obiectelor arheologice. Metoda se bazează pe măsurarea cantității de emanații de raze beta ale radiocarbonului, pornindu-se de la constatarea că așa-numitul timp de înjumătățire a lui este de 5 568 ± 30 de ani. Cum orice plantă și animal absoarbe o cantitate de radiocarbon care se fixează în corp, după moarte acesta dispare treptat prin dezintegrare. Datorită progreselor înregistrate în

tehnica electronică de calcul, se poate măsura cu mare precizie radioactivitatea unei probe dintr-un material și deci se poate afla de cît timp este radiocarbonul în el.

Iată numai cîteva din aplicațiile tehnicii în arheologie.

NICOLAE IORGA (1871—1940)

Membru al Academiei Române și a numeroase academii și societăți științifice din străinătate, doctor honoris causa a multor universități străine, om de o mare erudiție, manifestînd în permanență tendința de înnoire și aprofundare a cercetărilor istorice și literare, Iorga a lăsat în urmă-i una din cele mai vaste opere de valoare universală, care va dăinui peste veacuri. Numai bibliografia scrierilor sale publicate pînă în 1934 umple singură două mari volume.

Născut la Botoșani (regiunea Suceava) la 5 iunie 1871, Nicolae Iorga se trăgea dintr-o familie de intelectuali, manifestînd el însuși din tinerețe aptitudini deosebite pentru munca intelectuală. O deosebită atracție exercitau asupra lui istoria, filozofia, literatura antică și modernă și reținea tot ce citea cu o memorie ce a devenit celebră. La 17 ani și-a început studiile universitare, mai întîi în țară, apoi în străinătate, în Franța, Germania și Italia.

În 1894 este profesor suplinitor la Universitatea din București, iar în 1895 (la numai 24 de ani) devine titularul catedrei de istorie universală. Pe lîngă cursurile pe care le predă la Universitate, Academia comercială, la Așezămintele sale de la Văleni, mai tîrziu la Sorbona, ține și un număr impresionant de conferințe. Pasionat pentru profesiunea de dascăl, neîntrecut orator, niciodată nu i s-a cerut lui Iorga o conferință pe care să o fi refuzat. Iorga a fost un neobosit cercetător și publicist. O expresie a pasiunii cu care cerceta și a uriașei sale puteri de muncă o constituie vasta sa operă publicistică: de pe masa sa de lucru au pornit spre a vedea lumina tiparului numeroase volume de documente, depistate în arhivele din țară și străinătate, texte literare, relații ale călătorilor străini, inscripții, corespondențe ș.a. cu privire la istoria României, monografii de mare întindere asupra istoriei economice, culturale, militare, comerciale etc. a României, studii și lucrări de sinteză privind atît istoria României cît și istoria universală, publicate în mai multe limbi. Remarcabile în această privință sînt îndeosebi ale sale „Studii și cercetări cu privire la istoria românilor" în 31 de volume, publicate între anii 1901 și 1906, „Istoria românilor" în 10 volume, scrisă între anii 1936 și 1939 și multe altele.

Opera sa istorică aparține deopotrivă istoriografiei generale și istoriografiei românești. Un mare merit al lui Iorga l-a avut efortul său constant de a integra istoria României în istoria universală, cu scopul de a scoate în relief contribuția României la dezvoltarea istorică generală. În concepția sa găsim în permanență ideea călăuzitoare că istoria României reprezintă un proces care se desfășoară unitar, pe întreg teritoriul țării noastre și că ea constituie o parte integrantă a procesului istoric universal și implicit al celui de pe aceste meleaguri ale Europei.

El a intuit că fenomenele economice au un rol însemnat în desfășurarea procesului istoric și că cercetarea acestor fenomene este neapărat necesară.

N. Iorga considera istoria ca un mijloc important de cunoaștere a lumii, manifestîndu-și încrederea în capacitatea istoriografiei de a dezvălui adevărul istoric, și și-a dat seama de interdependența istoriei politice și a celei culturale, de întrepătrunderea istoriei unui popor cu istoria altor popoare, cu istoria omenirii.

În cadrul studiilor asupra istoriei și culturii sud-estului european, care i-a reținut în mod deosebit atenția, Iorga cercetează tocmai elementele comune ale dezvoltării istorice a popoarelor din această parte a lumii, între ele fiind cuprins și poporul român. În scopul acestei cercetări a și creat un institut special la București.

În scrierile sale de istorie universală a realizat o sinteză generală, pe care a pregătit-o vreme îndelungată prin sinteze parțiale (istoria unor popoare și state, a unor regiuni sau a unor instituții dominante), studiind întotdeauna cu atenție izvoarele principale.

O atenție deosebită a acordat marele umanist și cărturar fenomenelor de cultură, manifestînd dorința permanentă de a pune în valoare tradițiile culturale ale poporului român ca element fundamental al acelei tradiții pe care o căuta pretutindeni. El a relevat originalitatea culturii românești în decursul veacurilor.

Pe lîngă numărul imens de scrieri, Iorga a creat numeroase instituții: Institutul de studii sud-est-european, Așezămîntul de la Vălenii de Munte, Școala română din Franța, Institutul de studii bizantine, Institutul de istorie universală, cărora li se adaugă diferite reviste, un ziar și o tipografie.

Ca om politic, Iorga s-a manifestat încă din perioada sîngerosului an 1907, cînd și-a ridicat glasul împotriva represiunilor, dar mai ales în perioada dintre cele două războaie mondiale. În momentele grele pentru țară, cînd coloana a V-a a hitlerismului în România, legionarii, au dezlănțuit cea mai deșănțată acțiune politică pentru a înhăma țara la carul Germaniei hitleriste, Iorga și-a ridicat glasul în conferințe publice, în cursurile ținute la Universitate, în coloanele ziarelor împotriva nazismului și a legionarilor, în care vedea adevărații dușmani ai patriei. În articole scurte, de o energie concentrată, cu titluri izbitoare („Sub ochii șarpelui", „Jocul cu sufletul omenesc", „Bunele vremi ale lui Atila"), el înfierează teoriile rasiste ale hitleriștilor, condamnînd acțiunile acelora care, considerînd că „în ființa lor etnică se găsește ceva cu totul excepțional și misterios", credeau că au dreptul să poruncească, să amenințe, să stăpînească, să exploateze, să

deznaționalizeze și să distrugă, tranformînd ideea națională într-un monstru. Patriot înflăcărat, deși își dădea seama că va plăti cu viața această luare de poziție, Iorga nu s-a dat în lături de la datoria sa.

În noiembrie 1940 a fost smuls de la masa de lucru, supus chinurilor și asasinat în mod bestial în pădurea Strejnic de către bandele legionare.

VASILE PÂRVAN (1882—1927)

Vasile Pârvan, eminent istoric și arheolog român, s-a născut la 28 septembrie 1882 în cătunul Perchiu din comuna Huruiești, de pe teritoriul actualului raion Adjud, regiunea Bacău.

Fiu de învățător, începe să învețe la școala primară sub supravegherea propriului său părinte. Apoi, cursurile secundare le urmează la Bîrlad. După ce a absolvit liceul și și-a luat bacalaureatul, s-a înscris la secția de istorie a Facultății de litere din București, unde, datorită puterii sale de muncă și remarcabilei capacități de creație, bazată pe cunoașterea celor mai moderne metode de cercetare științifică, este remarcat de profesorii săi, printre care Nicolae Iorga, Dimitrie Onciul, Ion Bogdan. În anii studenției Vasile Pârvan se face cunoscut prin elaborarea unor lucrări cu subiecte referitoare la istoria medievală și modernă a României.

În 1904, după absolvirea în mod strălucit a Universității din București, este trimis ca bursier în Germania. Aici are prilejul să audieze pe cei mai de seamă reprezentanți ai științelor istorice din acel timp și să se specializeze în studiul istoriei antice. După o muncă încordată, concretizată prin cercetarea a numeroase surse, istoricul român prezintă în 1903 teza de doctorat „Die Nationalität der Kaufleute im römischen Kaiserreiche“ („Naționalitatea negustorilor din Imperiul roman“), considerată de specialiști ca unul dintre cele mai bune studii asupra dezvoltării comerțului în antichitatea clasică.

Ca o încununare a studiilor din străinătate publică monografia „M. Aurelius Verus Caesar și L. Aurelius Commodus“ (1909) și „Contribuții epigrafice la istoria creștinismului daco-roman“ (1911), care tratează problema originilor poporului român în legătură cu începuturile creștinismului la nordul Dunării.

Puțin timp după revenirea lui în țară, în vîrstă de numai 27 de ani, V. Pârvan este ales membru al Academiei Române și numit profesor de istorie antică la Universitatea din București, precum și director al Muzeului național de antichități.

De acum înainte, pe lîngă deosebitele sale cunoștințe istorice rezultate din cercetarea îndelungată, de zi cu zi, a mii și mii de studii, manuscrise, monografii, articole etc., Vasile Pârvan — în scopul rezolvării problemelor legate de istoria Daciei — strînge în jurul său o serie de tineri cu care pornește pe teren să descopere și să descifreze mărturiile arheologice de pe teritoriul țării noastre, punînd astfel temeliile școlii românești de arheologie,

ce s-a dezvoltat încontinuu şi care astăzi este apreciată în întreaga lume.

După ce deschide în diverse puncte ale ţării cîteva şantiere de săpături arheologice, în 1914 organizează marele şantier arheologic de la Histria, străvechea colonie milenară de pe malul lacului Sinoe.

Concomitent cu munca de teren, Vasile Pârvan elaborează numeroase studii, rapoarte arheologice şi monografice ce cuprind un material documentar vast, valoros şi util.

Ceva mai tîrziu, după terminarea primului război mondial, V. Pârvan publică studiul sociologic „Ideile fundamentale ale culturii sociale contemporane", în care, datorită concepţiilor sale istorice idealiste — îmbrăţişate încă din anii studenţiei —, încearcă să facă o sinteză a neohegelianismului şi neokantianismului în domeniul filozofiei istorice. Situîndu-se pe poziţiile liberalismului burghez, el afirmă, în spiritul acestei concepţii asupra istoriei, primatul culturii.

Ca gînditor umanist şi democrat a criticat însă fără cruţare tot ce în orînduirea capitalistă se opunea libertăţii spirituale a individului.

Patriot devotat, Pârvan a combătut şovinismul, această „desfigurare a naţionalismului" care „întunecă sentimentul de solidaritate general omenească", arătînd în acelaşi timp că internaţionalismul „pune în circulaţie dintr-o dată şi egal toate valorile spirituale ale umanităţii". În cosmopolitism vedea anihilarea sentimentului creator de cultură originală, şi îl respingea cu hotărîre.

După reluarea săpăturilor de la Histria, ca urmare a acumulării unor bogate date ştiinţifice, Vasile Pârvan a scris „Începuturile vieţii romane la gurile Dunării" (1923), volum prezentat într-un mod accesibil şi scris într-un limbaj atractiv, care redă o primă sinteză a rezultatelor arheologice efectuate în Dobrogea.

In activitatea de cercetare arheologică s-a produs o mare cotitură în momentul în care a început, pentru prima dată la noi în ţară, să se preocupe de arheologia epocilor orînduirii comunei primitive. În acest scop, după o muncă susţinută de cercetare a terenului, organizează o serie de săpături sistematice în staţiunile orînduirii comunei primitive mai importante (Piscul Crăsanilor, Coconi, Tinosu, Mănăstirea, Poiana etc.), cu deosebire în cele referitoare la cultura geţilor din a doua epocă a fierului. Cu această ocazie formează o serie nouă de elevi, care vor continua mai departe munca începută de acest învăţat român. Rezultatele parţiale obţinute în urma acestor explorări arheologice au fost interpretate în „Getica", o vastă sinteză istorică-arheologică despre protoistoria Daciei, Vasile Pârvan punînd în evidenţă într-un mod convingător măreţia istoriei neamurilor daco-getice.

Vasile Pârvan a organizat Şcoala română din Roma, instituţie ce avea menirea perfecţionării tinerilor arheologi şi istorici români în mediul de amintiri clasice al Italiei, conducînd şi apariţia anuarelor acestei instituţii.

Vasile Pârvan, acest mare arheolog și cunoscător al istoriei comunei primitive și a civilizației greco-romane, ca urmare a prestanței sale științifice internaționale a fost ales membru al mai multor academii și societăți științifice din străinătate. În decursul scurtei sale vieți a scris o serie de lucrări, dintre care, în afară de cele menționate, mai citățm: „Cetatea Tropaeum" (1912); „Ephemeris Dacoromana" (redactată de un colectiv sub conducerea lui); „Dacia. Civilizațiile străvechi din regiunile Carpato-Danubiene" (1928, în limba engleză; trad. rom. 1937, 1957, 1958) etc.

La 26 iunie 1927, într-un sanatoriu din București, se stinge din viață Vasile Pârvan, acest neobosit cercetător al începuturilor istoriei pe teritoriul României.

Redactor de carte : MIHAI DAVID
Coperta : GHEORGHE MOTORA
Tehnoredactor : FLORIAN SĂPUNĂRESCU

Dat la cules 03.04.1967. Bun de tipar 13.05.1967. Apărut 1967. Hîrtie tipar înalt B de 63 g/m². Format 540×840/16. Coli editoriale 19,83. Coli de tipar 21. C.Z. pentru biblioteci 37—03=R.

Tiparul executat sub comanda nr. 6456/70 233 la Combinatul Poligrafic „Casa Scînteii", Piața Scînteii nr. 1, București — Republica Socialistă România.

În Editura politică a apărut:

CERCETAREA SOCIOLOGICĂ CONCRETĂ

TRADIȚII ROMÂNEȘTI

de
OVIDIU BĂDINA

În prima parte a lucrării se vorbește despre cercetările directe ale realității sociale din țara noastră efectuate pînă la începutul secolului al XX-lea (Milescu, Cantemir, Golescu, Hasdeu), activitatea grupului de medici de la sfîrșitul veacului al XIX-lea (dr. Codreanu, dr. Russel, dr. Istrati), precum și despre aportul presei muncitorești în investigarea fenomenului social la sfîrșitul secolului trecut și primele decenii ale veacului nostru.

Autorul face apoi analiza cercetării sociologice întreprinse în România între cele două războaie mondiale de Școala monografică de la București de sub conducerea prof. D. Gusti.

Lucrarea, apărută în colecția „Biblioteca de filozofie și sociologie", vine în sprijinul cunoașterii tradițiilor românești în cercetarea sociologică concretă (192 p., 5,25 lei).

Citiți lucrările apărute în Editura politică

IDEALUL ȘI VALOAREA ESTETICĂ

de
ION PASCADI

LICEUL „GHEORGHE LAZĂR" BIBLIOTECA BUCUREȘTI

editura politică

Lucrarea a apărut în colecția „Biblioteca de filozofie și sociologie" și este consacrată unor importante probleme filozofice și estetice contemporane, viu dezbătute nu numai de teoreticieni, dar și de oamenii de artă și cultură în genere. Abordînd dintr-o perspectivă filozofică noțiuni ca idealul, creația, valoarea, exprimînd puncte de vedere proprii în legătură cu obiectivitatea și specificul valorii artistice și schițînd istoric geneza și evoluția acestora, cartea aduce un bogat material informativ și o poziție originală în cadrul unei problematici de mare actualitate. Semnificative pentru orientarea ei din acest punct de vedere sînt referirile la unele discuții purtate în publicistica română și străină de specialitate ca cele despre realism, progres în artă, concret-istoric și general-uman și altele.

Unind exigențele unei cercetări științifice cu un stil viu, curgător, lucrarea prezintă, prin aspectele teoretice abordate și prin numeroasele ei implicații practice, un interes deosebit pentru o categorie largă de cititori (240 p., 6,25 lei).

Lei 9